

Olli Marttinen

# IMS-järjestelmän käyttäminen ammattikeittiöiden ilmanvaihdossa


Opinnäytetyö  
Talotekniikan koulutusohjelma

Toukokuu 2017




**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

# KUVAILULEHTI

		<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  16.05.2017	
<b>Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu</b>		<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b>  Insinööri (AMK), Talotekniikka	
<b>Tekijä(t)</b>  Olli Marttinen		<b>Nimeke</b>  IMS-järjestelmän käyttäminen ammattikeittiöiden ilmanvaihdossa.	
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Opinnäytetyön tilaajana toimii Jeven Oy. Jeven Oy on vuonna 1989 perustettu mikkelinäinen ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon erikoistunut yritys. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää IMS-järjestelmän käyttömahdollisuus ammattikeittiöiden ilmanvaihdossa sekä vaikutukset lämmöntalteenottojärjestelmään.</p> <p>Opinnäytetyön lähtökohtana oli tutustua erityyppisiin ja kokoisiin ammattikeittiöihin. Kohteiksi valikoituivat Pohjois-Karjalan Keskussairaala (PKSSK) Joensuussa, Ravintola Talli Mikkeliissä ja Liikenneasema ABC-Pitkäjärvi Mikkeliissä. Kohteiden valintaan vaikutti keittiöiden käyttöaste, ja kohteissa tuli olla Jeven Oy:n toteuttamat ja suunnittelemaat huuvaratkaisut. Tutkimusmenetelmänä käytettiin laskentaa, jonka avulla laskettiin lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen muutoksia ja IMS-järjestelmän tuomia säästöjä.</p> <p>Laskennasta saatujen tuloksien perusteella voidaan todeta, että IMS-järjestelmä on mahdollista asentaa ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon. Järjestelmän avulla on mahdollista saavuttaa huomattavat säästöt. Ilmavirtojen säätö vain 10% tuo huomattavia säästöjä. Ilmavirtojen määrän säätäminen ei vaikuta lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeseen, kunhan ilmavirtoja säädetään samassa suhteessa. Ammattikeittiöiden ilmanvaihdossa poistoilman tulee aina olla suurempi kuin tuloilman, mikä tulee huomioida ilmavirtoja säädetäessä.</p> <p>IMS järjestelmä soveltuu parhaiten ammattikeittiöihin, jossa keittiön käyttöaste on yli 12 tuntia vuorokaudessa. Keittiössä tapahtuvan ruoanvalmistuksen ollessa epäsäännöllistä, saadaan IMS-järjestelmästä suurin hyöty aikaiseksi.</p>			
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  IMS, ammattikeittiö, ilmanvaihto, lämmöntalteenotto			
<b>Sivumäärä</b> 45+12	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>	
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>			
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Heikki Salomaa		<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  Jeven Oy	

## DESCRIPTION

		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  16.05.2017
<b>Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu</b> <small>Author(s)</small>  Olli Marttinen		<b>Degree programme and option</b>  Building services engineering
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  Use of VAV-system in the ventilation of professional kitchen.		
<b>Abstract</b>  <p>The target of this bachelor's thesis was to find out the functionality of the VAV-system in the ventilation of professional kitchens and its effects on the heat recovery system. Bachelor's thesis commissioner was Jeven Oy which operates in Mikkeli and specializes in ventilation solutions of professional kitchens.</p> <p>The kitchens chosen for the study were Hospital of Pohjois-Karjala (PKSSK) in Joensuu, Restaurant Talli in Mikkeli and service station ABC-Pitkäjärvi in Mikkeli. The choice of target was affected by the rate of utilization. All kitchens has have been designed and supplied by Jeven Oy. The effects of VAV-system on professional kitchen ventilation were researched by calculations. The effects of changing airflows on heat recovery system was researched by calculating the annual efficiency of heat recovery and enthalpy.</p> <p>As a conclusion it can be said that it is possible to install VAV-system to professional kitchen ventilation systems. By using the VAV-system it is possible to achieve great savings. Adjusting airflows by 10 % will bring considerable savings. Adjusting the airflow of kitchen doesn't affect the annual efficiency of heat recovery as long as the supply and exhaust air is adjusted in the same ratio. Exhaust air must be bigger than supply air in professional kitchen ventilation.</p> <p>VAV-system works best in kitchens with a utilization rate is more than 12 hours per day. This is because kitchens where making food is regular can use time control of ventilation.</p>		
<b>Subject headings, (keywords)</b>  VAV, professional kitchen, ventilation, heat recovery		
<b>Pages</b>  45+12	<b>Language</b>  Finnish	<b>URN</b>
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b>  Heikki Salomaa		<b>Bachelor's thesis assigned by</b>  Jeven Oy

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	AMMATTIKEITTIÖT .....	2
2.1	Keittiötyypit.....	2
2.2	Ammattikeittiöiden energiankulutus .....	3
2.3	Ilmanvaihto .....	4
2.3.1	Poistoilma .....	5
2.3.2	Tuloilma.....	7
2.4	Sisäilmasto .....	8
2.5	Lämmöntalteenotto .....	9
2.5.1	Neulalämmöntalteenotto .....	11
2.5.2	Nestekiertoinen lämmöntalteenotto .....	13
3	AMMATTIKEITTIÖIHIN LIITTYVÄ LAINSÄÄDÄNTÖ JA MÄÄRÄYKSET .....	15
3.1	Lainsäädäntö ja määräykset Suomessa .....	15
3.1.1	Työturvallisuuslaki .....	15
3.1.2	Suomen rakentamismääräyskokoelma D2 .....	16
3.1.3	Rakennustieto Oy.....	16
3.2	Ruotsissa .....	17
3.2.1	BBR.....	17
3.2.2	Yksityiset yritykset .....	17
3.3	Yhdysvalloissa .....	18
4	IMS-JÄRJESTELMÄ .....	20
5	TUTKITTAVAT KOHTEET .....	22
5.1	Pohjois-Karjalan Keskussairaala .....	22
5.2	ABC-Pitkäjärvi .....	24
5.3	Ravintola Talli .....	27
6	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	29
7	TULOKSET .....	33
7.1	IMS-järjestelmän toteutus.....	38
7.1.1	IMS-järjestelmän ohjaus .....	40
7.2	Kustannukset.....	41

8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	42
	LÄHTEET .....	44

#### LIITTEET

- 1 PKSSK:n keittiön ilmanvaihtokoneen automaatiokuva
- 2 PKSSK:n ruoanlaitto-osaston pohjakuva
- 3 PKSSK:n astianpesuosaston pohjakuva
- 4 PKSSK:n kalusteluettelo
- 5 Liikenneasema ABC-Pitkäjärven keittiön ilmanvaihtokoneen automaatiokuva
- 6 Liikenneasema ABC-Pitkäjärven keittiön pohjakuva
- 7 Liikenneasema ABC-Pitkäjärven kalusteluettelo
- 8 Ravintola Tallin keittiön ilmanvaihtokoneen automaatiokuva
- 9 Ravintola Tallin pohjakuva
- 10 Ravintola Tallin kalusteluettelo
- 11 Ulkoilman lämpötilojen esiintymistiheys nykyilmastossa (TRY2012)
- 12 Ulkolämpötilojen vuotuiset esiintymistiheydet (taulukko 5)

## 1 JOHDANTO

Ammattikeittiöiden ilmanvaihto asettaa suunnittelijalle suuren haasteen. Ilmanvaihdon tulee pystyä poistamaan ruoanlaitossa syntyviä epäpuhtauspäästöjä ja samalla ylläpitää keittiön termistä viihtyvyyttä. Ammattikeittiöiden ilmanvaihdolla on suuri merkitys työntekijöiden viihtyvyyteen ja tuottavuuteen. Tästä huolimatta ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon liittyviä tutkimuksia ei juurikaan ole tehty. Ilmanvaihdossa on tyydytty nykyiseen toimintatapaan, eikä mahdollisia uusia ja parempia ilmanvaihtotapoja ole ryhdytty tutkimaan.

Tämän opinnäytetyön aiheena on selvittää ilmamääräsäätöisen järjestelmän toimivuutta ammattikeittiöiden ilmanvaihdossa ja selvittää järjestelmän energiansäästöpotentiaalia. Ilmamääräsäätöisen järjestelmän avulla ammattikeittiöiden ilmanvaihto pystyttäisiin optimoimaan sopivaksi jokaiseen tilanteeseen. Järjestelmän avulla pystytään parantamaan työntekijöiden viihtyvyyttä ja tuottavuutta mahdollistamalla ilmanvaihdon säätäminen tilanteeseen sopivaksi. Taloudellisia hyötyjä saataisiin myös energiakustannuksissa. Järjestelmän avulla pystytään minimoimaan ilmanvaihtoon käytettävä energiankulutus. Ilmamääräsäätöisen järjestelmän soveltuvuutta ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon ei ole aikaisemmin tutkittu.

Työssä tutkitaan erilaisia ammattikeittiöitä, joiden käyttöasteet ja annosmäärät ovat hyvin erilaisia. Erityyppisiä keittiöitä vertaillaan ja ilmamääräsäätöisen järjestelmän soveltuvuutta kyseisiin kohteisiin tutkitaan. Järjestelmän soveltuvuutta kohteisiin tutkitaan suorittamalla laskentaa keittiön lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen muuttumisesta ja tämän vaikutusta energian kulutukseen ilmamääräsäätöisen järjestelmän vaikutuksesta.

Työn tilaajana toimii Jeven Oy, joka on vuonna 1989 Mikkeliissä perustettu ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon erikoistunut yritys. Jeven Oy on keskittynyt ammattikeittiöiden ilmanvaihtolaitteiden kehittämiseen ja markkinointiin. Huuvien ja ilmanvaihtokattojen lisäksi Jeven Oy tarjoaa ammattikeittiöiden suunnittelupalvelua sekä sisäilmastoon liittyviä ilmanvaihtolaitteita ja -palveluja, joilla vaikutetaan rakennuksessa olevien ihmisten viihtyvyyteen.

## 2 AMMATTIKEITTIÖT

”Suomalaisissa ammattikeittiöissä valmistetaan yli 810 miljoonaa annosta vuodessa. Jokainen keittiö on omaleimainen sekoitus henkilökunnan ammattitaitoa, teknologiaa ja prosesseja. Yhteisenä tavoitteena on valmistaa asiakkaiden tilaukset luotettavasti ja kustannustehokkaasti.” /3, s.4./

Ammattikeittiöiksi luokiteltavia keittiöitä ovat sellaiset keittiöt, jossa ruoanvalmistus tapahtuu ammattimaisesti. Ammattikeittiöiden ilmanvaihto poikkeaa tavallisten tilojen ilmanvaihdosta suurten lämpökuormien takia. Keittiöiden ilmanvaihdon tulee pystyä poistamaan suuret lämpökuormat ja luomaan viihtyisät työskentelyolosuhteet henkilökunnalle. Suuret lämpökuormat syntyvät ammattikeittiön tarvitsemista keittiölaitteista. Haasteen ammattikeittiön ilmanvaihdolle asettaa keittiölaitteiden sijoittelu. Keittiölaitteet saattavat sijaita eri puolilla keittiötä. Tämän ongelman ratkaisemiseksi ammattikeittiöissä käytetään kohdepoistoja. Kohdepoistona toimii tyypillisesti huuva. Huuvan avulla pystytään sieppaamaan ruoanlaitossa syntyvät kosteus-, lämpö- ja rasvakuormat ja poistamaan ne keittiöstä tehokkaasti. Pelkkä kohdepoiston järjestäminen keittiöön ei riitä, vaan kohdepoiston tulee sisältää rasvanerotus. Rasvanerotus voidaan toteuttaa esimerkiksi mekaanisilla erottimilla tai syklonierottimilla. Tuloilman järjestäminen keittiöön pystytään myös toteuttamaan huuviin integroiduilla tuloilmayksiköillä. Tuloilman ja poistoilman lisäksi tulee keittiöön järjestää yleispoisto, jonka osuus ilmanvaihdosta on noin 10 %. /1, s.13./

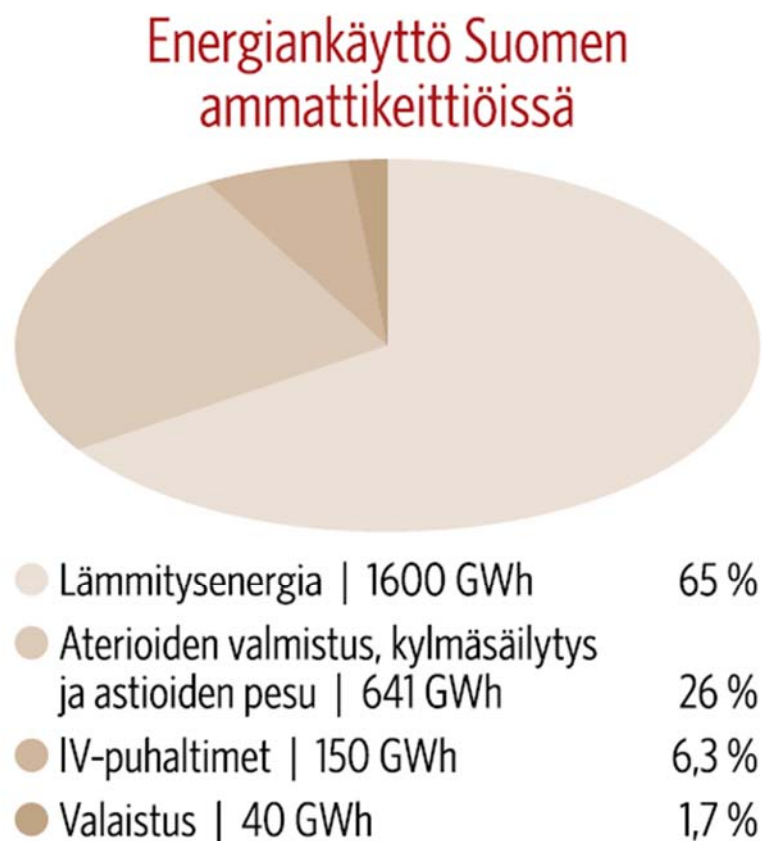
### 2.1 Keittiötyypit

Ammattikeittiöt voidaan luokitella toimintaperiaatteensa mukaan keskus-, komponentti-, kuumennus-, jakelu- ja valmistuskeittiöihin. Keskuskeittiön toimintaperiaatteena on tuottaa ruokaa muille keittiöille. Ruoka kuljetetaan keskuskeittiöltä kuumennuskeittiöihin joko valmiiksi lämmitettynä tai pakastettuna. Kuumennuskeittiössä itse ruoanvalmistus on vähäistä. Kuumennuskeittiössä voidaan tehdä jälkiruokia tai vaihtoehtoisia pääruokia, mutta sen päätoiminen tehtävä on kuumentaa keskuskeittiöstä saapuva ruoka tarjoiltavaksi. Jakelukeittiö toimii nimensä mukaisesti jakelijana, eikä siellä valmisteta ruokaa ollenkaan. Valmistuskeittiö on kaikista yleisin ammattikeittiötyyppi. Valmistuskeittiön periaatteena on valmistaa kaikki ruoka itse. Valmistuskeittiöissä valmistettavaa ruokaa ei lähetä muihin

keittiöihin, vaan ruoka tehdään omaan käyttöön. Ammattikeittiöiden kehittyessä suurin osa valmistuskeittiöistä muuttuu komponenttikeittiöihin, joissa ruoan valmistus perustuu esivalmisteltuihin raaka-aineisiin. /1, s.1./

## 2.2 Ammattikeittiöiden energiankulutus

Ammattikeittiöiden kokonaisenergiankulutus muodostuu aterioiden valmistamisesta, astioiden pesusta, kylmäsäilytyksestä, valaistuksesta, IV-puhaltimista ja lämmityksestä. Ammattikeittiöiden keskimääräinen sähköenergian kulutus on noin 831 gigawattituntia. Sähköenergian lisäksi ammattikeittiöt käyttävät lämmitysenergiaa 1600 GWh. Kuvassa 1 on havainnollistettu ammattikeittiöiden energiankäyttö Suomessa. Energiankulutus jaetaan neljään eri osa-alueeseen. Kuvasta 1 nähdään jokaisen osa-alueen energiankulutus ja osuus kokonaisenergiankulutuksesta. /3, s.4./



**KUVA 1. Energiankäyttö Suomen ammattikeittiöissä /3, s.5/**



Ammattikeittiöiden energiatehokkuutta voidaan parantaa jopa 60 % kehittämällä keittiöissä tapahtuvia prosesseja. Teknologian ja uusien tietojärjestelmien avulla ammattikeittiöiden toimintaa pystytään valvomaan entistä paremmin ja tietojärjestelmistä saatavan tiedon avulla keittiöiden energiankulutus pystytään optimoimaan. Investoimalla uusiin ammattikeittiölaitteisiin parannetaan keittiön energiatehokkuutta huomattavasti. Uudet ammattikeittiölaitteet ovat hyvin pitkälti automatisoituja, joten ne osaavat minimoida laitteen tarvitsevan energian. Automatisoitujen ammattikeittiölaitteiden avulla saadaan energiansäästön ohella parannettua työympäristön toimivuutta ja olosuhteita. Automaation hoitaessa ruoan kypsennyksen, jää työntekijöille enemmän aikaa suorittaa muita työtehtäviä. /3, s. 4./

### **2.3 Ilmanvaihto**

Ilmanvaihdon avulla halutaan luoda ihmisille mahdollisimman hyvä terminen viihtyvyys ammattikeittiöihin. Termisellä viihtyvyydellä tarkoitetaan sitä, että henkilö on tyytyväinen lämpöolosuhteisiin. Ammattikeittiöiden ilmanvaihto on aina suunniteltava hieman alipaineiseksi, jotta keittiössä syntyvät epäpuhtaudet eivät kulkeudu keittiöstä muihin tiloihin. /4, s.5/.

Ammattikeittiöissä on perinteisesti käytetty sekoittavaa ilmanjakoa. Sekoittavan ilmanjaon periaatteena on sekoittaa tuloilmaa epäpuhtaaseen ilmaan. Sekoittavassa ilmanjaossa tilaan tuodaan viileää ilmaa katonrajassa olevasta päätelaitteesta. Ilman lämpötilasta johtuen viileä ilma painuu tilan alaosaan ja sekoittuu samalla tilassa olevaan epäpuhtaaseen ilmaan. Päätelaitteen heittokuviota muuttamalla pystytään parantamaan tuloilman sekoittuvuutta epäpuhtaan ilman kanssa. Epäpuhtas ilma poistetaan katon rajassa tai seinässä sijaitsevasta poistoilmaventtiilistä. /4, s.5/

Nykyisin sekoittavan ilmanjaon on korvannut syrjäyttävä ilmanjako eli piennopeusilmanjakojärjestelmä. Sekoittavasta ilmanjaosta ammattikeittiöiden ilmanjaossa on luovuttu, koska nykyisin halutaan poistaa mahdollisimman tehokkaasti ruoanlaitossa syntyvät epäpuhtaudet ilmasta. Käyttämällä syrjäyttävää ilmanjakoa ehkäistään mahdollisia terveyshaittoja, kun likaista ja puhdasta ilmaa ei enää sekoiteta keskenään. Esiintyneitä terveyshaittoja ovat tyypillisesti päänsärky, hengitystieoireet ja huimaus. Syrjäyttävällä ilmanjaolla saadaan keittiöstä tehokkaasti poistettua epäpuhtaudet, joista osa saattaa sisältää karsinogeenisiä yhdisteitä. /4, s.5/

Käytettäessä syrjäyttävää ilmanjakoa, viileä tuloilma tuodaan alhaisella nopeudella lähelle lattiaa. Ilmanvaihtotapa perustuu konvektiovirtaukseen, jolloin lämmennyt epäpuhtas ilma nousee ylöspäin ja poistuu keittiöstä katonrajaan tai seinään asennetun poistoilmaventtiilin kautta. Tilassa olevien huuvien toiminta ei häiriinny, koska tuloilma tuodaan alhaisella nopeudella tilaan. /4, s.6./

### **2.3.1 Poistoilma**

Ammattikeittiöiden poistoilma sisältää tyypillisesti epäpuhtauksien lisäksi rasvaa ja kosteutta. Ammattikeittiöissä syntyvää poistoilmaa ei voida käyttää palautus- tai siirtoilmana. Ammattikeittiöiden poistoilmaa ei saa sellaisenaan johtaa ulos, vaan se tulee puhdistaa mahdollisimman tehokkaasti ennen ulospuhallusta. Puhdistus voidaan toteuttaa rasvansuodattimilla. /5, s.12./

Ammattikeittiöiden poistoilmanvaihto voidaan jakaa kahteen eri osaan: kohdepoistoon ja yleispoistoon. Keittiöiden pääasiallinen poistoilmanvaihto hoidetaan kohdepoistoilla. Kohdepoistona voi toimia huuva tai ilmanvaihtokatto. Kohdepoiston tehtävänä on poistaa ammattikeittiölaitteiden tuottamat lämpö-, epäpuhtaus- ja kosteuskuormat. Kohdepoiston toimivuuden kannalta on erittäin tärkeää, että kohdepoisto suunnitellaan oikean kokoiseksi ilmavirtojen ja ulkoisten mittojen suhteen. Kohdepoiston epäonnistunut suunnittelu ja mitoitus estävät keittiön ilmanvaihtokokonaisuuden toiminnan, heikentävät työympäristön toimivuutta ja kasvattavat energiankulutusta. Liian suuret ilmavirrat kohdepoistossa voivat aiheuttaa vedon tunnetta työskentelypisteessä. Kohdepoiston ilmavirtojen mitoittaminen on helpointa suorittaa valmiilla mitoitusohjelmilla. Mitoitusohjelmia käyttämällä minimoidaan ilmavirtojen mitoituksen epäonnistuminen. Mitoitusohjelmista saadaan suoraan eri laitteiden tarvitsemat poistoilmamäärät. Käyttämällä mitoitusohjelmia vältetään laskuvirheitä ja inhimillisiltä erehdyksiltä. Kuvassa 2 on esitetty Jeven Oy:n mobiilisovellus ilmavirtojen mitoittamista varten. Ohjelmaan syötetään keittiölaitteen tyyppi ja teho, jonka perusteella ohjelma laskee tarvittavan poistoilmamäärän.

## ILMAVIRTOJEN MITOITUS

Keittiökohtainen
Laitekohtainen

Laite	P[kW]	S	l/s	m³/h	
Yhdistelmäuuni ▼	30	0.9 ▼	270	972	✖
Rasvakeitin ▼	14	0.9 ▼	252	907	✖
Liesi ▼	19	0.9 ▼	513	1847	✖

+ LISÄÄ LAITE
🗑️ TYHJENNÄ

Poistoilmavirta

= 1035 l/s  
 3726 m³/h

**KUVA 2. Jeven Oy:n ilmavirtojen mitoitusohjelma /28/**

Ilmavirtojen ohella myös kohdepoiston koolla on suuri merkitys yleisilmanvaihdon toimivuuteen. Nyrkkisääntönä kohdepoiston koon mitoittamiseen käytetään sääntöä, jossa kohdepoiston on oltava 400 mm pidempi ja syvempi, kuin alla oleva laite tai laiteryhmä. Kun kohdepoisto on leveämpi kuin alle oleva laite tai laiteryhmä, pystytään sillä sieppaamaan ruoanlaiton seurauksena syntyvä konvektiovirtaus. /3, s.16./

Yleispoiston tarkoituksena on poistaa keittiötilassa syntyviä epäpuhtauksia, joita ei ole tarpeen poistaa kohdepoistojen kautta. Yleispoisto sijaitsee tyypillisesti keittiön katossa tai seinällä. Tyypillisesti yleispoisto toteutetaan yhteiskanavapoistoventtiileillä tai vastaavilla poistoilmaventtiileillä. Yleispoistolla varmistetaan keittiön ilmanvaihdon toimivuus. Yleispoiston määrä on 10 % poistettavasta kokonaisilmamäärästä. /3, s.16./

### 2.3.2 Tuloilma

Ammattikeittiöiden tuloilman järjestäminen voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla. Tuloilma voidaan tuoda kattoon tai seinään asennettavista erillisistä piennopeusilmanjakolaitteista tai vaihtoehtoisesti tuloilma tuodaan suoraan huuvaan tai ilmanvaihtokattoon integroiduista tuloilmalaitteista. Kuvassa 3 on esitetty huuvaan integroidut tuloilmalaitteet. Keittiön tuloilmaa suunniteltaessa on tärkeää huomioida, että tuloilmaa ei saa tuoda liian suurella nopeudella keittiöön. Tuloilman nopeuden ollessa liian suuri, se aiheuttaa voimakkaita virtauksia, jonka seurauksena syntyy vetoa ja kohdepoistojen toiminta häiriintyy. Tuloilmayksiköiden tuloilmavirta mitoitetaan 10-15 % pienemmäksi kuin kohdepoistolaitteiden poistoilmavirta. Näin varmistetaan tilan alipaineisuus ja keittiön ilmanvaihdon toimivuus.



**KUVA 3. Huuvaan integroitu tuloilmayksikkö /28/**

Suoraan huuvasta tuotavan tuloilman edut ovat tilan säästäminen ja säädettävyys. Tuloilma pystytään tuomaan suoraan oleskeluvyöhykkeelle, jossa henkilökunta voi suunnata tuloilmaa haluamaansa paikkaan. Tuloilmakanavien suunnittelu ja asentaminen helpottuvat, kun tuloilma tuodaan suoraan huuvasta. Tuloilmakanavat voidaan tuoda poistoilmakanavien vieressä ja näin säästää tilaa alakatossa. Huuvaan integroitavien tuloilmayksiköiden avulla pystytään säätämään tuloilmavirta sopivaksi.

Tuloilmayksikkö sisältää säätöosan, jonka avulla tuloilman määrää voidaan lisätä tai vähentää. Tuloilmayksikön heittokuviota voidaan suunnata halutun mukaiseksi. /6./

## 2.4 Sisäilmasto

Ammattikeittiön sisäilmaston tavoitteena on ylläpitää keittiössä työskenteleville terveellinen, turvallinen ja viihtyisä työympäristö. Sisäilmastolla tarkoitetaan huonetilassa vallitsevia olosuhteita. Sisäilmastoa tutkittaessa tarkastellaan ihmisen hyvinvointiin liittyvää fyysistä ja kemiallista kokonaisuutta. Kokonaisuuteen kuuluu lämpötilan, ilman laadun, mikrobien ja vedon tutkiminen. Näiden lisäksi kokonaisuuteen voidaan laskea kuuluvaksi valaistus- ja ääniolosuhteet. /7, s.2./

Hyvän sisäilmaston luominen ammattikeittiöihin on haastavaa, koska keittiössä syntyy suuria lämpökuormia ja epäpuhtauspäästöjä. Ruoanlaitossa vapautuvat epäpuhtaudet voivat aiheuttaa terveyshaittoja, mikäli niitä ei poisteta keittiön sisäilmasta. Suurten lämpökuormien takia keittiön sisälämpötilat nousevat helposti liian korkeaksi ja heikentävät keittiön sisäilman laatua oleellisesti. Keittiölaitteista syntyvä lämpö säteilee laitteen ympärillä oleviin pintoihin ja se nostaa entisestään keittiön sisälämpötilaa. Keittiön sisälämpötilan tulisi olla 21-25 °C, jolloin pysytään optimaalisella lämpötila-alueella. Ammattikeittiöihin voidaan asentaa jäähdytysjärjestelmä, jotta sisäilmanlämpötila pystytään pitämään halutulla tasolla. /7, s.3./

Suomessa on käytössä kolme eri sisäilmastoluokitusta, joihin ammattikeittiö voidaan luokitella sisäilman laadun perusteella. Sisäilmaluokkia ovat S1, S2 sekä S3. Sisäilmasto luokka S1 on paras sisäilmaluokka. Päästäkseen S1-sisäilmaluokkaan, keittiö on varustettava erillisellä ilmanvaihtojärjestelmällä. Tämän lisäksi eri työpisteille on muodostettava omat säätövyöhykkeensä. Säätövyöhykkeiden avulla jokaisen työpisteen olosuhteita voidaan säätää alueellisesti. Keittiölaitteiden sijoittelu vaikuttaa oleellisesti säätövyöhykkeiden määrään. Keittiön kuuluessa sisäilmaluokkaan S2, on keittiö varustettava omalla ilmanvaihtojärjestelmällä. S2 luokassa vaaditaan ainoastaan erottamaan astianpesu- ja ruoanlaitto-osastot toisistaan. Muita säätövyöhykkeitä ei tarvitse tehdä. Huonoimmassa, eli sisäilmaluokassa S3 keittiöltä vaaditaan oma ilmanvaihtojärjestelmä tai keittiön pitää toimia yhtenä erillisenä säätövyöhykkeenä. Keittiön ilmanvaihtoa pitää pystyä käyttämään muista tiloista riippumattomana. /1, s.6./

Viranomaismääräyksissä annetaan useita määräyksiä koskien ammattikeittiöiden ilmanvaihtoa ja sisäilmastoa. Taulukossa 1 on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman D2:ssa annetut määräykset koskien ammattikeittiöiden ilmanvaihdon mitoittamista.

**TAULUKKO 1. Ammattikeittiöiden mitoitusilmavirrat /5, s.31/**

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Poistoilma- virta (dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup>	Aänitaso L <sub>A,eq,T</sub> / L <sub>A,max</sub> dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Keittiötilat:						
– Valmistuskeittiö		15	15	38 / 43	0,25 / 0,50	#E
– Kuumennuskeittiö		10	10	38 / 43	0,25 / 0,50	#E
– Jakelukeittiö		5	5	38 / 43	0,25 / 0,50	#E
– Kahvikeittiö		3	30 l/s/keittiö	33 / 38	0,20 / 0,40	
Varastotilat:						
– Kuivavarasto			0,5			#S
– Kylmävarastot >4 m <sup>2</sup>			0,2			#S
– Jätehuone			5			#1
– Jäähdytetty jätehuone			2			#1
#1 Tilan on aina oltava alipaineinen ympäröiviin tiloihin nähden.						
#E Minimi-ilmavirtoja. Ilmavirrat mitoitetaan tapauskohtaisesti lämpökuormien perusteella.						
#S Siirtoilmavirta						

Eri ammattikeittiötyypeille on annettu oma mitoitusilmavirta. Taulukon mukaan keittiön mitoitusilmavirtana voidaan käyttää keittiön tyypistä riippuen 5-15 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup> sekä tuloilmavirtana että poistoilmavirtana. Taulukkoa käytettäessä on huomioitava poikkeustapaukset. Valmistus-, kuumennus- ja jakelukeittiön kohdalle on taulukkoon lisätty lisäohjeistus. Taulukossa olevat mitoitusilmavirrat ovat minimi-ilmavirtoja. Ilmavirrat on aina laskettava ja mitoitettava keittiökohtaisesti lämpökuormien perusteella. /5, s.31./

## 2.5 Lämmöntalteenotto

Vuonna 2010 voimaan tulleen lainsäädännön mukaan lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen pitää olla vähintään 45 %. Tämä tarkoittaa sitä, että ”rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava lämpöä talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä”. /21, s.15./ Lainsäädäntö ei velvoita asentamaan lämmöntalteenottojärjestelmää rakennuksiin. Lämmöntalteenottojärjestelmän puuttuessa, rakennuksen lämpöenergiantarvetta on pienennettävä esimerkiksi parantamalla rakennuksen vaipan lämmöneristystä ja

ilmanpitävyyttä. Tehdyt muutokset lämpöenergiantarpeeseen on laskennallisesti osoitettava lämpöhäviöiden tasauslaskennan avulla. /21, s.15./

Tarkasteltaessa lämmöntalteenoton tehokkuutta puhutaan lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteesta. ”Vuosihyötysuhde on lämmöntalteenottolaitteistolla talteen otettavan ja hyödynnettävän lämpömäärän suhde siihen rakennuksen ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaan lämpömäärän, joka tarvittaisiin vuoden aikana, jos rakennuksessa ei olisi lämmöntalteenottoa.” /9, s.2./ Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeseen vaikuttavat jäätymisen esto, paikkakunta sekä tulo- ja poistoilmavirtojen suhde.

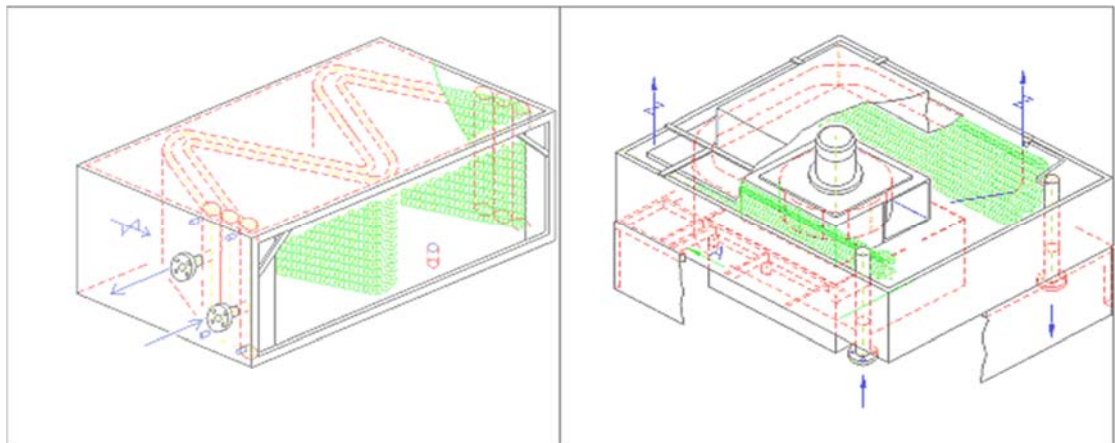
Asentamalla ammattikeittiön poistoilmanvaihtoon lämmöntalteenottojärjestelmä saadaan sen avulla lämpöenergiaa huomattavasti talteen. Ammattikeittiöissä syntyy suuria määriä hukkalämpöä, joka voidaan lämmöntalteenoton avulla hyödyntää esimerkiksi tuloilman lämmittämisessä. Lämmöntalteenoton avulla säästetään huomattavasti energiakustannuksissa. Ammattikeittiöissä syntyvän poistoilman laatu on huomioitava valittaessa lämmöntalteenottojärjestelmää ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon.

Suomen ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta annetaan luokkaan neljä kuuluvan poistoilman lämmöntalteenotolle rajoituksia. Ammattikeittiöiden poistoilmanvaihdon lämmöntalteenotossa ei ole mahdollista käyttää kaikkia lämmöntalteenottoratkaisuja. Huonolaatuisen poistoilman vuoksi keittiöiden poistoilmanvaihdon lämmöntalteenotossa suositellaan käytettäväksi vain virtaavan väliaineen välityksellä toimivaa lämmöntalteenottojärjestelmää. Virtaavan väliaineen avulla toimivia lämmöntalteenottojärjestelmiä ovat neulalämmöntalteenotto sekä nestekiertoinen lämmöntalteenotto. Molemmat järjestelmät ovat epäsuoraa rekuperatiivista lämmöntalteenottoa. Poikkeuksena ovat kohteet, joissa tilaa palvelee vain yksi ilmanvaihtokone. Tällaisissa tapauksissa lämmöntalteenottojärjestelmä voidaan valita vapaasti poistoilman luokasta välittämättä. Lämmöntalteenottoa toteutettaessa on tärkeää varmistaa, ettei tulo- ja poistoilma pääse missään vaiheessa sekoittumaan. /5, s.17./

### 2.5.1 Neulalämmöntalteenotto

Neulalämmönsiirtimet ovat hyvin yleisesti käytettyjä lämmöntalteenottojärjestelmiä ammattikeittiöiden poistoilmanvaihdoissa. Neulalämmönsiirtimet soveltuvat hyvin likaisen ilman lämmöntalteenottoon, koska niiden avulla pystytään ottamaan lämpöä talteen rasvaisestakin ilmasta.

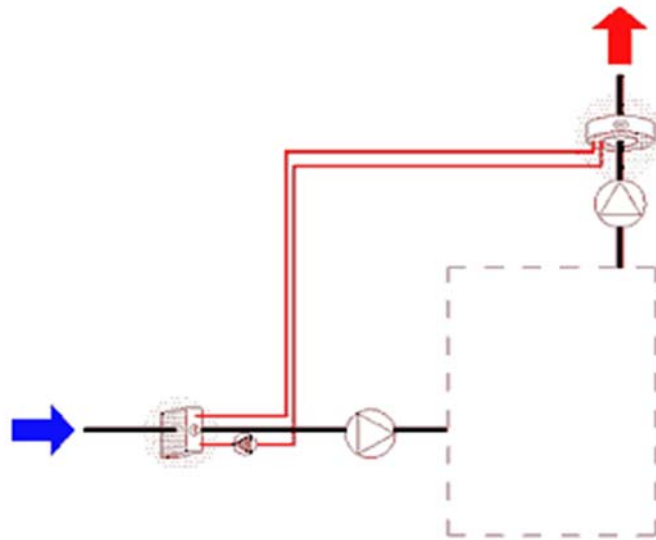
Neulaputkilämmöntalteenotto perustuu tulo- ja poistoilmanaviin asennettaviin lämmönsiirtimiin ja niiden väliseen liuospiiriin. Lämmönsiirtimet koostuvat useista neulaputkista, jotka ovat taivutettu riveittäin joko aaltomallisesti tai U-mallisesti. Aalto- ja U-malliset lämmönsiirtimet on esitetty kuvassa 4. Aaltomallista siirrintä käytetään yleensä tulopuolella ja U-mallista poistopuolella. Neulaputki valmistetaan alumiininauhasta ja kupari- tai alumiiniputkesta. Lämmönsiirtimeen rakenteesta johtuen, neulapinta toimii G3-tason esisuodattimena. /10./



**KUVA 4. Aalto- ja U-mallinen neulalämmönsiirrin /11/**

Katolle asennettava neulalämmöntalteenottojärjestelmä pitää sisällään huippuimurin, jonka avulla ilma poistuu rakennuksesta. Epäpuhtauksia sisältävä poistoilma poistetaan keittiöstä rasvanerottimien läpi poistokanavistoon. Kulkiessaan erottimien läpi poistoilmassa oleva rasva jää erottimiin ja muut epäpuhtaudet poistetaan huippuimurin kautta. Kulkiessaan neulaputkien läpi poistoilma luovuttaa neulaputkissa virtaavaan nesteeseen lämpöenergiaa. Lämmönsiirtonesteinä toimii tyypillisesti propyleeni- tai etyleeniglykoliliuos. Poistoilmasta lämmönsiirtonesteeseen siirtynyt lämpö kulkeutuu lämmönsiirtonesteen avulla tuloilman neulalämmönsiirtimeille, jossa se käytetään tuloilman lämmittämiseen. Neulalämmönsiirtimeen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 5. /11, s.10./





**KUVA 5. Neulalämmönsiirtimen toimintaperiaate. /11/**

Poistopuolelta talteenotettu lämpö kulkee samalla periaatteella toimivan tulopuolen lämmönsiirtimen läpi. Putkistossa virtaava neste nostaa putken pintalämpötilaa, jolloin lämmönsiirtimen läpi virtaava ilma lämpenee. Asentamalla neulalämmönsiirrin tulopuolelle ulkosäleikön kohdalle varmistetaan myös siitä, että ilmanvaihtokoneeseen ei pääse lunta tai muuta sinne kuulumatonta materiaalia. /11, s.10./

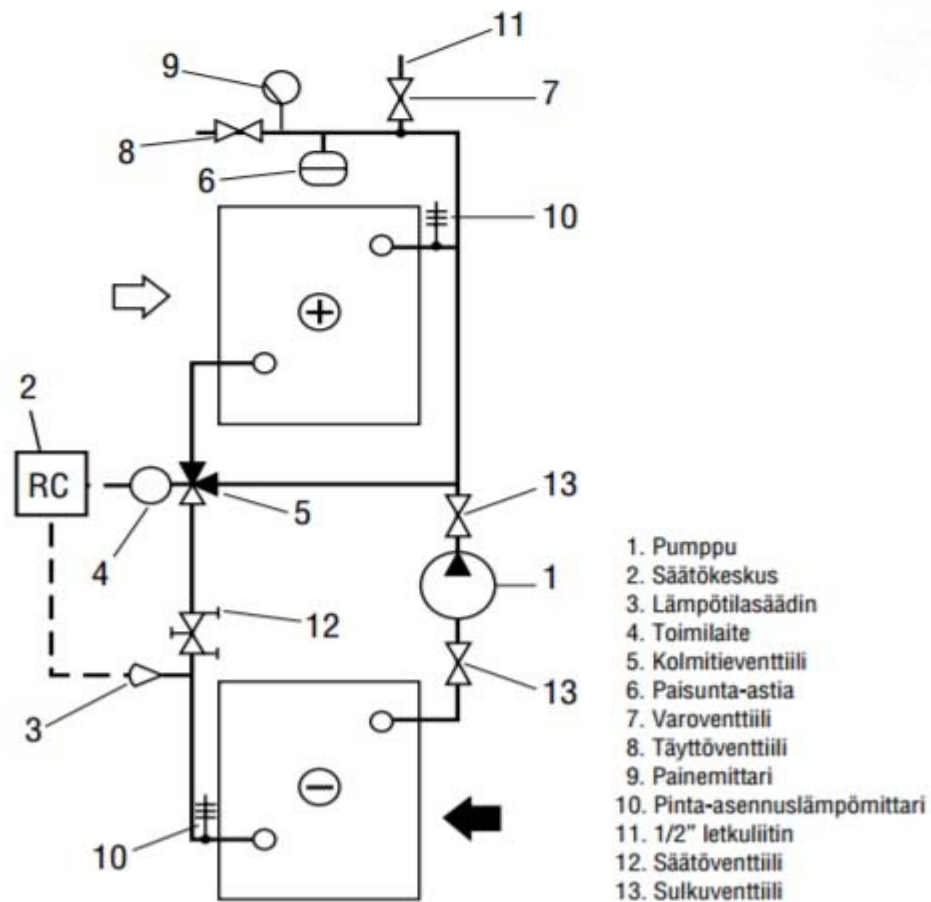
Neulalämmönsiirtimien heikkouksena voidaan pitää neulaputkien likaantumista. Poistoilman mukana kulkeutuva rasva ja epäpuhtaudet tarttuvat neulaputkiin ja voivat heikentää lämmöntalteenottoa. Järjestelmän puhdistus voidaan suorittaa joko automatiikan avulla tai manuaalisesti. Automaattista puhdistusta varten täytyy hankkia siihen tarkoitettu järjestelmä. Manuaalisessa puhdistuksessa huoltomies pesee neulaputket painepesurin avulla. Neulalämmönsiirtimien huolto ja puhdistus ovat lämmöntalteenoton toimivuuden kannalta erittäin tärkeää.

Kiristyvät energiamääräykset luovat haasteensa neulalämmönsiirtimille, koska niiden vuosihyötysuhteet ovat melko alhaiset. Jos määräykset kiristyvät, ne eivät täytä enää annettuja kriteerejä. Neulalämmönsiirtimien etuna voidaan pitää lämmöntalteenottoa likaisesta ja rasvaisesta ilmasta. Tämä etu on jäämässä tarpeettomaksi, koska uudet rasvanerottimet ja suodattimet pystyvät poistamaan jopa kaasumaiset epäpuhtaudet ja rasvan poistoilmasta erittäin tehokkaasti. Erityisesti uusilla otsonia tuottamattomilla UV-ratkaisuilla on saavutettu erittäin lupaavia tuloksia. /12./

### 2.5.2 Nestekiertoinen lämmöntalteenotto

Nestekiertoinen lämmöntalteenotto ei poikkea prosessina neulalämmöntalteenotosta. Kuten neulalämmönsiirrossa, myös nestekiertoinen lämmöntalteenottoprosessi perustuu lämmönsiirtoon väliaineen avulla. Erona neulalämmönsiirtimeen on lämmönsiirtimen koostumus. Nestekiertoisessa lämmöntalteenotossa lämmönsiirrin koostuu kupariputki-alumiinilamelleista. Lämmöntalteenotto tapahtuu tulo- ja poistoilmakanaviin sijoitetuista pattereista, joita yhdistää nesteputkisto. Ilma kulkee poistokanavaa pitkin pois rakennuksesta ja lämmittää samalla poistoilmakanavan lämmönsiirtimessä olevan nesteen. Lämmennyt neste pumpataan tuloilmakanavassa sijaitsevaan patteriin, joka puolestaan luovuttaa lämpöä tuloilmaan. Lämmöntalteenottoa voidaan säätää nesteputkistoon asennetulla kolmitieventtiilillä, jonka avulla voidaan rajoittaa tuloilmakanavassa olevan venttiilin nestekiertoa. Poistoilmakanavan patterin virtaama pysyy tällöin vakiona. /2, s.264./

Koska lämpöenergian siirto poistoilmasta tuloilmaan tapahtuu väliaineen kautta, eivät poistoilmassa olevat epäpuhtaudet siirry tuloilmaan, vaan poistuvat rakennuksesta poistoilman mukana. Tämän vuoksi nestekiertoista lämmöntalteenottoa voidaan käyttää ammattikeittiöiden poistoilman lämmöntalteenotossa. Käyttämällä nestekiertoista lämmöntalteenottoa, saavutetaan 50 - 60 % hyötysuhde. /2, s.264./ Kuvassa 6 on esitetty nestekiertoisen lämmöntalteenoton komponentit periaatekuvassa. Komponentit saattavat vaihdella valmistajan mukaan. Kuvassa 6 on esitetty Fläkt Woods Oy:n EURV-ECOTERM BOX nestekiertoinen lämmöntalteenottojärjestelmä. /13./



**KUVA 6. Nestekiertoisen lämmöntalteenoton periaatekuva /13/**

Nesteputkistossa kiertävänä nesteinä käytetään vesiglykoliseosta. Käyttämällä vesiglykoliseosta estetään nesteen jäätyminen. Lisäämällä glykolin määrää seoksessa pystytään pakkasenkestävyyttä parantamaan. Vesiglykoliseos on sekoitettava tarkasti, jotta vältetään putkiston jäätymiseltä. Seoksen huonona puolena on sen vaikutus hyötysuhteeseen. Mitä enemmän seos sisältää glykolia, sitä heikompi on lämmöntalteenoton hyötysuhde. /2, s.265./

Mikäli poistoilmakanavassa olevan patterin lämpötila laskee liian alhaiseksi, on vaarana huurtuminen ja pahimmassa tapauksessa patterin jäätyminen. Erityisesti nestekiertoisen lämmöntalteenoton lämmönsiirtimen kupariputki-alumiinilamellit ovat herkkiä jäätymiselle. Neulalämmönsiirrin puolestaan ei ole yhtä herkkä jäätymiselle kuin nestekiertoisen lämmöntalteenotto. Valmistaja lupaa neulalämmönsiirtimen pysyvän toimintakuntoisena jopa -15 °C ulkolämpötilassa. Patterin huurtuminen ja jäätyminen

estetään mittaamalla jatkuvasti patterille menevän nesteen lämpötilaa. Jos nesteen lämpötila on liian alhainen, lämmöntalteenoton hyötysuhdetta on rajoitettava. Rajoittaminen tapahtuu säätämällä nesteputkistossa olevaa kolmitieventtiiliä. /2, s.265./

### **3 AMMATTIKEITTIÖIHIN LIITTYVÄ LAINSÄÄDÄNTÖ JA MÄÄRÄYKSET**

#### **3.1 Lainsäädäntö ja määräykset Suomessa**

Ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon liittyviä määräyksiä ja ohjeita on suhteessa vähän verrattuna muihin LVIA-määräyksiin. Suomessa ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon ja toimintaan liittyviä määräyksiä löytyy ympäristöministeriön julkaisemasta Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta D2, Rakennustieto Oy:n julkaisemista ohjekorteista sekä työturvallisuuslaista (23.8.2002/738). Näiden lisäksi useat ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon erikoistuneet yritykset ovat julkaisseet omia suosituksia ja näkemyksiään ammattikeittiöiden ilmanvaihdon toteuttamiseen ja suunnitteluun. Tämän lisäksi kuntien rakennusvalvonnalla on omia määräyksiään ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon liittyen.

##### **3.1.1 Työturvallisuuslaki**

Työturvallisuuslain tarkoituksena on luoda mahdollisimman hyvä työympäristö ja työskentelyolosuhteet työntekijöiden työkyvyn turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi. Lain avulla pyritään myös ennalta ehkäisemään ja torjumaan ammattitautteja, tapaturmia ja terveyshaittoja, jotka voivat aiheutua työskenneltäessä kyseisessä työympäristössä. /20, 1§./

Työympäristön ilmanvaihdosta mainitaan lain kohdassa 33 §. Lain mukaan työpaikalla olevan tai tuotavan hengitysilman laadun on oltava kelvollista työntekijöille eli ilman on oltava puhdasta ja raikasta. Työpaikan ilmanvaihto on järjestettävä tarkoituksen mukaisesti sekä sen on oltava riittävän tehokas, jotta sen avulla voidaan ylläpitää laadukkaat työskentelyolosuhteet. Ilmanvaihto on suhteutettava työtilan tilavuuteen nähden sopivaksi. /20, 33§./

### 3.1.2 Suomen rakentamismääräyskokoelma D2

Ympäristöministeriön julkaisema Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 antaa määräyksiä rakennusten sisäilmastoon ja ilmanvaihtoon. Kun suunnitellaan rakennusten ilmanvaihtoa ja sisäilmastoa, on suunnitelman täytettävä Srmk:n D2 mukaiset määräykset, jotta rakennusta voidaan käyttää.

Ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon liittyviä määräyksiä D2:ssa on melko vähän. Suoraan ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon liittyviä määräyksiä löytyy D2:sta vain yksi. Tämä määräys liittyy ammattikeittiössä syntyvän poistoilman laatuun. D2:ssa on poistoilmanlaatu luokiteltu neljään eri luokkaan sen sisällön mukaan. Ammattikeittiöiden ilmanvaihto luokitellaan kuuluvaksi poistoilmaluokaltaan luokkaan neljä. Neljänteen luokkaan kuuluva poistoilma sisältää huomattavan määrän epäpuhtauksia ja hajuja. Tämä tarkoittaa sitä, että ammattikeittiöiden poistoilmaa ei saa käyttää palautus- tai siirtoilmana. Ammattikeittiöihin liittyviä tärkeitä määräyksiä ovat poistoilman laadun lisäksi lämpöoloihin ja ilman laatuun liittyvät määräykset. /5, s12./

### 3.1.3 Rakennustieto Oy

Rakennustieto Oy julkaisee ohjekortteja suunnitteluun ja rakentamiseen. Ammattikeittiöitä käsitteleviä ohjekortteja on julkaistu muutamia. Vuonna 1991 julkaistussa Suurkeittiöt-ohjekortissa perehdytään suurkeittiöiden sekä opetuskeittiöiden suunnitteluun liittyviin mitoitusohjeisiin ja perustietoihin. Keittiön ilmanvaihtoa ohjekortti ei juurikaan käsittele. Ohjekortissa kerrotaan, kuinka suunnitellaan ja toteutetaan toimiva suurkeittiö. /22./

Vuonna 2000 julkaistussa Ammattikeittiöiden sisäilmaston suunnittelu -ohjekortissa käsitellään ammattikeittiöiden sisäilmaston suunnittelussa huomioitavia asioita. Julkaisussa käydään läpi ammattikeittiöiden sisäilmastoluokitukset sekä ilmanjakotavat. Myös huuvien ja ilmanvaihtokattojen toimintaa käydään läpi. Ohjekortti pitää kattavasti sisällään ammattikeittiöiden suunnitteluun tarvittavat tiedot sekä ohjeet. Ohjekortti on erittäin käyttökelpoinen apuväline keittiöilmanvaihdon suunnittelijalle. Ainoa huono puoli julkaisussa on, että se on lähes 20 vuotta vanha. Julkaisu olisikin syytä päivittää vastaamaan nykyisiä määräyksiä ja mahdollisuuksia. /1./

Suurkeittiöt ja ammattikeittiöiden sisäilmaston suunnittelu -ohjekortin lisäksi Rakennustieto Oy on julkaissut maaliskuussa 2017 Ammattikeittiöt-ohjekortin. Ohjekortti on tarkoitettu ammattikeittiöiden suunnittelua varten, eikä se koske kotikeittiöitä. Ohjekortissa käydään läpi asiat, joita keittiöiden suunnittelussa tulee huomioida, jotta keittiöstä saadaan tehtyä mahdollisimman toimiva kokonaisuus. Keittiösuunnittelun lisäksi ohjekortissa annetaan myös ohjeita LVI-suunnittelua varten. Ilmanvaihdon ohjeistukset jäävät kuitenkin valitettavan vähäisiksi. /23./

## **3.2 Ruotsissa**

Ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon liittyvä lainsäädäntö Ruotsissa noudattaa hyvin pitkälti samaa kaavaa kuin Suomessa. Valtio määrittelee karkeat rajat ilmanvaihdolle laissa, mutta tarkemmat ohjeistukset ja suositukset tulevat ammattikeittiöihin erikoistuneilta yrityksiltä. Virallinen lainsäädäntö koskien ammattikeittiöitä ja niiden ilmanvaihtoa on vähäistä.

### **3.2.1 BBR**

Viralliset lait ja asetukset julkaistaan Ruotsin rakentamismääräyskokoelmassa. Ruotsin rakentamismääräyskokoelma eli Regelsamling för byggande BBR 2015 pitää sisällään ohjeita ja määräyksiä rakentamiseen. Rakentamismääräyskokoelman kohdassa 6:25 käsitellään ilmanvaihtoon liittyviä määräyksiä. Kohdassa 6:25 kerrotaan ilmanvaihdosta yleisesti, eikä ilmanvaihdon vaatimuksista erilaisista kohteissa mainita. Ammattikeittiöistä ei juuri kerrota rakentamismääräyskokoelmassa. Ammattikeittiöihin liittyvät maininnat keskittyvät keittiöiden paloturvallisuuteen. BBR:n mukaan ammattikeittiöiden kanavistot luokitellaan kuuluvaksi paloluokkaan E, joka tarkoittaa sitä, että kanaviston materiaali tulee olla tulenkestävää. /27, s125./

### **3.2.2 Yksityiset yritykset**

Ammattikeittiöihin liittyvä lainsäädäntö ja ohjeistus on Suomen tapaan Ruotsissakin vähäistä, joten tuorein tieto ja suositukset ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon saadaan ammattikeittiöihin erikoistuneista yrityksistä. Ammattikeittiöihin erikoistuneet yritykset työskentelevät keittiöilmanvaihdon parissa päivittäin ja kehittävät koko ajan

parempia tapoja toteuttaa ammattikeittiöiden ilmanvaihto. Yritykset tuottavat valmiita ohjelmia, joiden avulla keittiöilmanvaihdon suunnittelu onnistuu vaivattomasti.

### 3.3 Yhdysvalloissa

Tunnetuin yhdysvaltalainen LVI-alan ohjeita ja standardeja julkaiseva yhdistys on ASHRAE. ASHRAE on lyhennys sanoista American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers. Yhdistys on samankaltainen kuin Suomessa toimiva Suomen LVI-liitto (SuLVI Ry). Molemmat yhdistykset pyrkivät edistämään toimialaansa ja järjestävät ja tarjoavat erilaisia koulutuksia alan toimihenkilöille. Koulutuksien lisäksi ASHRAE on tunnettu sen julkaisemista standardeista. Standardien avulla ohjataan rakentamista Amerikassa. ASHRAE:n standardeja hyödynnetään myös muuallakin kuin Yhdysvalloissa. Esimerkiksi Suomessa käytetään paljon hyödyksi ASHRAE:n tuottamia standardeja. ASHRAE on julkaissut laaja-alaisesti standardeja LVI-alaan liittyen. Standardeja julkaistaan niin internetissä kuin myös koottuina versioina painettuina.

Ammattikeittiöiden ilmanvaihtoa käsitellään ASHRAE:n julkaisussa ”HVAC applications”. Julkaisussa esitetään erilaisten kohdepoistojen toteuttaminen sekä minimi-ilmavirrat huuville. Julkaisusta löytyy paljon samoja asioita kuin suomalaisista julkaisuista. Huuvien ylitykset, painehäviöt ja tarvittavat ilmavirrat esitetään julkaisussa taulukoiden avulla. Ammattikeittiössä syntyvien epäpuhtauksien suodattamiseen esitetään ratkaisut, kuten myös kanavoinnin järjestämiselle. Taulukossa kaksi on esitetty ASHRAE:n määräykset huuvan minimi-ilmavirralla huuvametriä kohden. Keittiölaitteet on luokiteltu niiden tuottaman lämmön mukaan neljään eri luokkaan. Kevyisiin keittiölaitteisiin luetaan kuuluvaksi uunit, höyrystimet ja pienet kattilat, joiden tuottama lämpötila on maksimissaan +200 °C. Keskikokoisiin laitteisiin lasketaan suuret kattilat, liedet ja paistinpannut. Laitteiden tuottama lämpötila on maksimissaan +200 °C. Parilat, hiiliparilat ja wokkipannut, joiden tuottama lämpötila on maksimissaan +320 °C kuuluvat raskaisiin keittiölaitteisiin. Erittäin raskaisiin keittiölaitteisiin kuuluvat polttoaineella toimivat laitteet. Maksimilämpötila polttoaineella toimiville keittiölaitteille on +370 °C. /24, 28.3-28.6./

**TAULUKKO 2. Huuvan minimi ilmavirta, m<sup>3</sup>/s huuvametriä kohden /24, 28.5/**

Minimum Exhaust Flow Rate, m <sup>3</sup> /s per Linear Metre of Hood				
Type of Hood	Light Duty Equipment	Medium Duty Equipment	Heavy Duty Equipment	Extra Duty Equipment
Wall-mounted canopy	0.23 to 0.31	0.31 to 0.46	0.31 to 0.62	0.54+
Single island	0.39 to 0.46	0.46 to 0.62	0.46 to 0.93	0.85+
Double island (per side)	0.23 to 0.31	0.31 to 0.46	0.39 to 0.62	0.77+
Eye brow	0.23 to 0.39	0.23 to 0.39	-	-
Backshelf/ Pass-over	0.15 to 0.31	0.31 to 0.46	0.46 to 0.62	Not recommended

Taulukosta 2 nähdään eri huuvatyyppeiden minimi ilmavirrat. Ensimmäisenä on esitetty perinteisen seinää vasten asennettavan huuvan ilmavirrat. Single- ja double island -huuvatyypeillä tarkoitetaan yksi- ja kaksimoduulisia huuvia, jotka ovat ns. keskilattiamallia eli asennettu esimerkiksi keskelle keittiötä. Eyebrow-mallissa huuva asennetaan suoraan alla olevaan laitteeseen kiinni (tyypillisesti uuni). Eyebrow-huuvratkaisua käytetään vain harvakseltaan Suomessa. Tämän tyyppinen ratkaisu voi tulla kyseeseen yhdysvaltalaisen yrityksen laajentaessa toimintaansa Suomeen. Esimerkiksi Burger King -hampurilaisravintoloiden huuvat toteutetaan Suomessa samalla tavalla kuin Amerikassa sijaitsevien Burger King -ravintoloiden huuvat. Viimeisenä huuvatyypinä on backshelf- ja pass-over -huuvat. Backshelf-huuva asennetaan takaseinään kiinni, eikä kattoon kuten muut huuvat. Pass-over -huuvan ideana on yhdistää huuva suoraan ruoanlaittopisteeseen. Huuva kiinnitetään osaksi pöytää, jossa ruuanvalmistuslaitteet sijaitsevat. /24, 28.3-28.6./

ASHRAE:n lisäksi rakentamiseen liittyviä ohjeita antavat osavaltiot. Suomessa kuntien rakennusvalvonta antaa paikkakuntakohtaisia tarkentavia määräyksiä, myös yhdysvalloissa eri osavaltioissa voi olla toisistaan poikkeavia määräyksiä ja ohjeita.



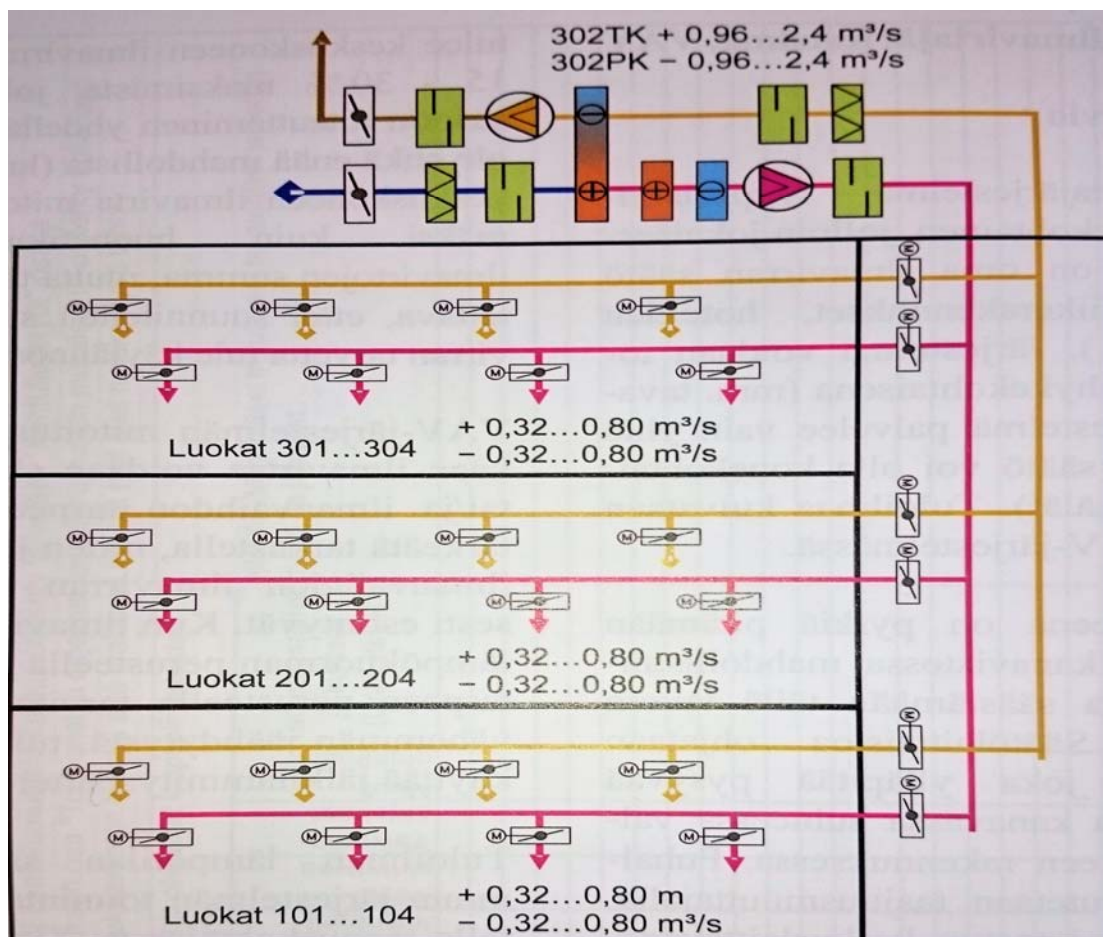
## 4 IMS-JÄRJESTELMÄ

IMS-järjestelmällä tarkoitetaan ilmamääräsäätelistä järjestelmää, jonka avulla ilmanvaihtoa voidaan ohjata tarpeen mukaisesti ja sopeuttaa muuttuviin olosuhteisiin. Ilmamääräsäätelistä järjestelmästä käytetään myös nimitystä tarveohjattu ilmanvaihto sekä muuttuva ilmanvaihto. Ammattikeittiöiden lämpökuormat vaihtelevat paljon ajankohdasta ja keittiön tyypistä riippuen. Säättämällä tuloilman lämpötilan sijasta ilmavirtaa suhteessa haluttuun lämpötilaan pystyy tarveohjattu ilmanvaihto kompensoimaan lämpökuormaa. /14, s.526./

Ammattikeittiöt voivat olla työskentely-ympäristöinä haastavia. Työskentelyolosuhteet ovat ahtaat ja kuumat ja keittiön lämpötila saattaa nousta jopa +30 °C: een. IMS-järjestelmän avulla halutaan luoda keittiössä työskenteleville entistä paremmat olosuhteet. IMS-järjestelmän avulla pystytään ilmanvaihdon säädettävyyttä parantamaan huomattavasti. Järjestelmän avulla annetaan työntekijöille mahdollisuus säätää ilmanvaihtoa.

IMS-järjestelmän toiminta perustuu ilmavirtojen tarpeenmukaiseen säätöön. Tulo- ja poistoilmakanaviin asennetaan moottoripellit, jotka säätävät ilmavirran määrää. Moottoripellit vaativat toimiakseen rakennusautomaatiota. Rakennusautomaatio säätää moottoripeltien asentoa kanavistoon asennettujen antureiden keräämän datan mukaisesti. Ilmavirtojen suhde pysyy samana, vaikka ilmavirtojen virtausta muutetaan.

Kuvassa 7 on esitetty luokkahuoneen ilmanvaihto toteutettuna IMS-järjestelmällä. Kuvanmukaista toteutustapaa voidaan soveltaa myös ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon. Kuvasta nähdään, kuinka jokaisen tulo- ja poistoilmaventtiilin yhteyteen on asennettu moottoroidut säätöpellit. Päätelaitteiden yhteyteen asennettujen moottoripeltien lisäksi myös runkokanaviin on asennettu moottoripellit. Luokkahuoneiden ilmavirtaa pystytään tulo- ja poistoilmapuolella säätämään moottoripeltien avulla minimi-ilmavirran 0,96 m<sup>3</sup>/s ja maksimi-ilmavirran 2,4 m<sup>3</sup>/s välillä.



**KUVA 7. IMS-järjestelmän käyttö luokkahuoneiden ilmanvaihdossa /19, s.302/**

IMS-järjestelmän säädön periaatteena on pitää kanaviston staattinen paine mahdollisimman pienenä. Paineen tulee kuitenkin olla riittävän suuri, että säätöpelteillä on tarpeeksi auktoriteettiä voittaa termiset voimat. Kanavan staattista painetta valitsevaan rakennukseen nähden ylläpidetään painesäätimellä. Tulo- ja poistoilmakanavassa staattinen paine pyritään pitämään vakiona. Käytettäessä IMS-järjestelmää ilmanvaihtokoneen puhallinta ohjataan taajuusmuuntajan avulla. /19, s.301./

Ilmanvaihdon osuus vuotuisista energiakustannuksista on merkittävä. Erityisesti ammattikeittiöissä ilmanvaihto kuluttaa paljon energiaa vuosittain johtuen suurista ilmamääristä ja korkeista käyttöasteista. Ilmamääräsäätteisellä järjestelmällä on mahdollista saavuttaa säästöjä vuotuisissa energiakustannuksissa. Energiankustannuksissa säästetään, kun IMS-järjestelmän avulla voidaan säätää ilmavirtaa tarpeen mukaan. Ulkoilman lämmittämisen tai jäähdyttämisen tarve vähenee pienennettäessä ilmavirtaa. Myös ilman siirtämiseen kuluvan energian määrä vähenee. Pienentämällä keittiössä tarvittavaa ilmamäärää säästetään samalla ilmanvaihtokoneen

ja puhaltimien tarvitsemaa tehoa. Ilmamäärän ollessa pienempi voidaan ilmanvaihtokonettakin ajaa pienemmällä teholla ja säästää näin energiakustannuksissa. /14, s.525./

## **5 TUTKITTAVAT KOHTEET**

Tutkittavaksi kohteiksi on valittu kolme erityyppistä ammattikeittiötä. Kohteiden valintaan vaikutti keittiön tyyppi, käyttöaste sekä huuval valmistaja. Tutkittaviksi kohteiksi etsittiin ammattikeittiöitä, joihin Jeven Oy on toimittanut huuvaratkaisut. Valittujen kohteiden käyttöastetta vertailemalla näemme, kuinka IMS-järjestelmä vaikuttaa eri käyttöasteilla toimiviin ammattikeittiöihin. Kohteiden käyttöasteet sijoittuvat 6–24 tunnin välille vuorokaudessa. Kohteiksi haluttiin perinteisten ravintolakeittiöiden ohella valita myös erikoisempia ammattikeittiöitä. Kaikki tutkittavat kohteet ovat valmistuskeittiöitä eli ne tuottavat ruokaa omaan käyttöönsä. Yksi kohteista on ravintola, yksi sairaalan keittiö ja yksi liikenneaseman keittiö. Kaikista valituista kohteista löytyy Jeven Oy:n huuvaratkaisut. Kahdesta kohteesta löytyy perinteisten huuvaratkaisujen lisäksi myös ilmanvaihtokatto.

### **5.1 Pohjois-Karjalan Keskussairaala**

Pohjois-Karjalan Keskussairaala (PKSSK) on usean rakennuksen kokonaisuus, joka sijaitsee Joensuussa. Keskussairaalan keittiöltä vaaditaan paljon, sillä sen on pystyttävä valmistamaan noin 1500 ruoka-annosta joka päivä. Jotta keittiö pystyisi vastamaan vaadittaviin ruokamääriin, on se varustettu moderneilla ammattikeittiölaitteilla. Keskussairaalan keittiö sisältää paljon automatiikalla toimivia ammattikeittiölaitteita, joiden avulla helpotetaan työntekijöiden tehtäviä. Keittiön kalusteluettelo on esitetty liitteessä 4. Keittiön toimivuuden ohella on myös tärkeää järjestää toimiva ilmanvaihto keittiöön. Keittiön ilmanvaihto on toteutettu Jeven Oy:n tuotteilla. Perinteisten huuvaratkaisujen lisäksi keittiöstä löytyy myös useampi ilmanvaihtokatto. Asentamalla keittiöön ilmanvaihtokatto saadaan keittiöön avaruuden tunnetta. Ilmanvaihtokatto on järkevä vaihtoehto kohteisiin, joissa keittiölaittekanta on suuri. Ilmanvaihtokatto korvaa keittiön alakaton. Ilmanvaihtokatto soveltuu hyvin suuriin keittiöihin, joiden alakaton korko on suuri. Keittiön poistoilman lämmöntalteenottoratkaisuna käytetään neulalämmöntalteenottoa.

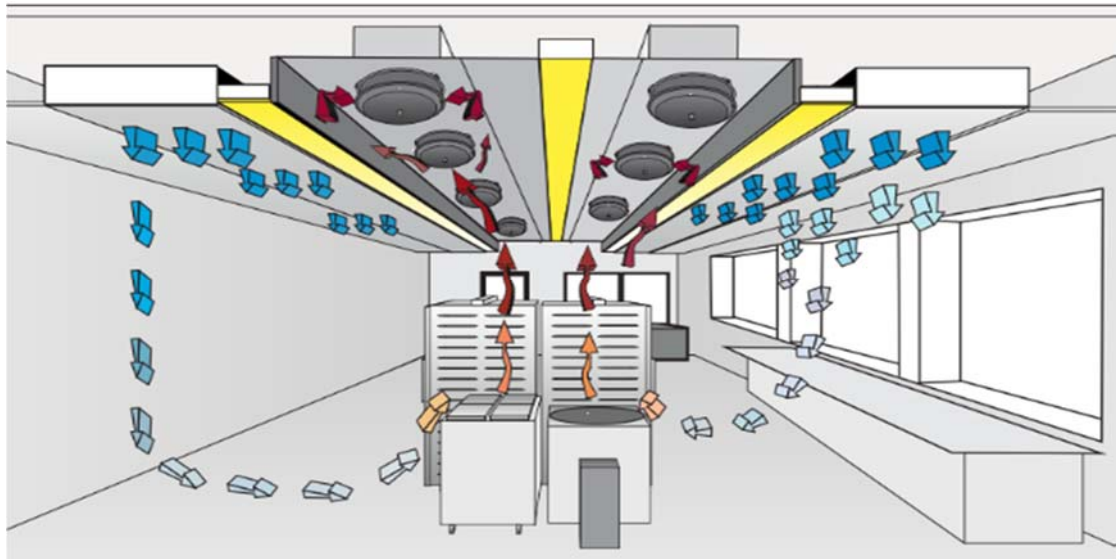
Pohjois- Karjalan Keskussairaalan keittiö on jaettu useampaan eri osa-alueeseen. Ruoan valmistus ja astianpesuosastot sijaitsevat kokonaan eri kerroksissa. Ruoan valmistus on jaettu kolmeen eri pisteeseen. Keittiöstä löytyy oma osasto leipomista varten. Leipomo-osaston ilmanvaihto on toteutettu pienellä ilmanvaihtokatolla, joka sisältää kolme TurboSwing-rasvansuodatusyksikköä.

Toinen erillinen ruoanvalmistusosasto on niin kutsuttu dieettikeittiö. Dieettikeittiössä on mahdollista valmistaa kevyitä ruoka-annoksia erityispotilaille, jotka eivät voi syödä muille potilaille tarjottavaa ruokaa. Osaston ilmanvaihto on toteutettu kahdella rasvahuuvalla (JSI). Huuvissa on yhteensä kahdeksan TurboSwing-rasvansuodatusyksikköä.

Kooltaan suurin ruoanvalmistusosasto on tuotanto-osasto. Tällä osastolla valmistetaan suurin osa keskussairaalan tarvitsemasta ruoasta. Ruoan valmistus tapahtuu pääsääntöisesti tuotanto-osastolla olevilla suurilla uuneilla ja padoilla. Osaston ilmanvaihto on toteutettu ilmanvaihtokatolla. Ilmanvaihtokattoon on asennettu yhteensä 13 TurboSwing- rasvansuodatusyksikköä.

Ruoanvalmistusosastolla on rasvahuuvien ja ilmanvaihtokattojen lisäksi kolme kondenssi-ilmakruunua (JSKI). Kondenssi-ilmakruunuilla poistetaan astianpesussa syntyvä kosteus ja höyry. Ruoanvalmistusosastolla on kolme astianpesukonetta, joita käytetään keittiövälineiden pesuun. Varsinainen astianpesuosasto sijaitsee omassa kerroksessaan. Keskussairaalan astianpesu hoidetaan massiivisella astianpesuosastolla. Astianpesukoneina käytetään suuria tunnelipesukoneita ja tappimattopesukoneita, joiden pesukapasiteetti on suuri. Osastolta löytyy myös vaunupesukone, jolla pestään ruoan kuljetuksessa käytettyjä vaunuja. Astianpesuosaston ilmanvaihto on toteutettu ilmanvaihtokaton avulla. Koska ilmanvaihtokatto sijaitsee astianpesuosastolla, jossa ei synny rasvaa, ei ilmanvaihtokatossa tarvitse käyttää TurboSwing-rasvansuodatusyksikköjä. Sen sijaan katossa on käytetty JPT-poistoilmayksikköjä, jotka soveltuvat kosteuden ja höyryn poistoon. JPT-poistoilmayksiköt on kehitetty TurboSwing-erottimista. Erotinyksikössä ei ole sähkömoottoria eikä erotuslevyä, vaan poistettava ilma kulkee poistoilmayksikköön, jossa se törmäilee suojakuvun seinämiin. Ilman törmätessä seinämiin vesipisarat erottuvat ilmasta ja valuvat suojakuvun pohjalle.

Tuloilmaa osastolle tuodaan ilmanvaihtokattoon asennettujen Deco.L- syrjäyttävien piennopeusilmanjakolaitteiden kautta.



**KUVA 8. Ilmanvaihtokaton toimintaperiaate /28/**

Ilmanvaihtokattoratkaisu pitää sisällään rasvanerotuksen, valaistuksen ja tuloilmayksiköt. Poistettava ilma poistetaan ilmanvaihtokattoon asennettujen TurboSwing- tai JPT-erottimien avulla. Ilmanvaihtokaton toimintaperiaate on esitetty kuvassa 8.

## 5.2 ABC-Pitkäjärvi

Liikenneasema ABC-Pitkäjärvi sijaitsee Mikkelissä viitostien varrella. Liikenneasema on valmistunut vuonna 2012. Liikenneasema tarjoaa ympärivuorokauden kauppa- ja ravintolapalveluita asiakkaille. Liikenneaseman keittiössä valmistetaan lounaan lisäksi noin 400 á la carte annosta viikossa. Keittiötä käytetään liikenneaseman aukioloajoista johtuen läpi vuorokauden. Keittiö on siis toimintavalmiina 24 tuntia vuorokaudessa. Liikenneaseman keittiön rakenne on esitetty kuvassa 9.



**KUVA 9. Liikenneasema ABC-Pitkäjärven keittiö**

ABC-Pitkäjärven keittiölaitteisiin kuuluvat tyypilliset liikenneaseman tarvitsemat keittiölaitteet. Ruokaa valmistetaan uuneilla, rasvakeittimillä, liesillä, paistinpannuilla ja pariloilla. Näiden lisäksi keittiöstä löytyy kaksi astianpesukonetta. Perinteisen tunnelikoneen lisäksi keittiöön on asennettu patapesukone. Keittiön kalusteluetteloa on esitetty liitteessä 7. Kaikkien keittiölaitteiden yläpuolelle on asennettu Jeven Oy:n huuvat. Liikenneaseman keittiöön on asennettu yhteensä kuusi huuvaa. Ruokalaitossa syntyvät epäpuhtaudet poistetaan JSI-huuvilla, jotka on varustettu TurboSwing-rasvansuodatusyksiköillä. Keittiöön on asennettu yhteensä 14 TurboSwing-rasvansuodatusyksikköä, joista neljään on lisätty UV-lamppu. Astianpesuosastolla käytetään kondenssi-ilmakruunuujuvia (JSKI), jotka poistavat astianpesussa vapautuvan kosteuden ja höyryn keittiöstä. Keittiöstä poistettavasta ilmasta otetaan lämpöä talteen neulalämmöntalteenotolla.



Keittiön ilmanvaihto toteutetaan osaksi huuviin kautta ja osaksi erillisillä tulo- ja poistoilmalaitteilla. Jokainen huuva on varustettu piennopeustuloilmalaitteilla. Huuviin integroitujen piennopeustuloilmalaitteiden lisäksi keittiöön tuodaan tuloilmaa kuvassa 10 näkyvillä Deco.L- syrjäyttävillä tuloilmalaitteilla.



**KUVA 10. Jeven Oy:n Deco.L- syrjäyttävä tuloilmalaite, ABC-Pitkäjärvi**

Tuloilmaa tuodaan huuviin lisäksi myös erillisillä tuloilmalaitteilla, koska keittiöön tarvittavaa tuloilmaa ei ole pystytty tuomaan kokonaan huuviin tuloilmayksiköistä. Tämä johtuu keittiölaitteiden asettelusta. Huuvissa olevien tuloilmayksiköiden maksimi-ilmamäärä yksikköä kohden on huuvin korkeudesta, tuloilmayksikön mallista ja määrästä riippuen 80-130 l/s. Liian suuren tuloilma määrän tuominen yhdestä tuloilmayksiköstä aiheuttaa melu- ja vetohaittoja. /12./

Poistoilmanvaihto toteutetaan huuviin avulla. Poistettava ilma suodatetaan TurboSwing-rasvanerottimilla, ennen kuin se kulkeutuu poistoilmakanavaan.

TurboSwing- rasvanerottimeen toiminta perustuu sähkömoottorin pyörittämään erotuslevyyn, joka sinkoaa rasvahiukkaset keräysastiaan. Neljään TurboSwing-rasvansuodatusyksikköön on lisätty myös UV-suodatustekniikkaa. TurboSwing-rasvansuodatusyksikköön lisätty UV-suodatustekniikkaa on havainnollistettu kuvassa 11.



**KUVA 11. UV- lamppu asennettuna TurboSwing-rasvansuodatusyksikköön /8/**

Lisäämällä TurboSwing-rasvanerottimeen UV-suodatus, pystytään ilmanpuhdistusprosessia tehostamaan entisestään. ”Poistettava ilma kulkee ensin TurboSwing rasvanerottimeen läpi, jonka jälkeen se kulkeutuu UV-valon vaikutuspiiriin. UV-valon vaikutuksesta poistoilmassa vielä oleva rasva polymerisoituu pulverimaiseksi hiiliyhdisteeksi, hiilidioksidiksi ja vedeksi. UV-suodatuksessa syntyvät yhdisteet poistuvat poistoilman mukana poistoilmakanavaan.” /8./

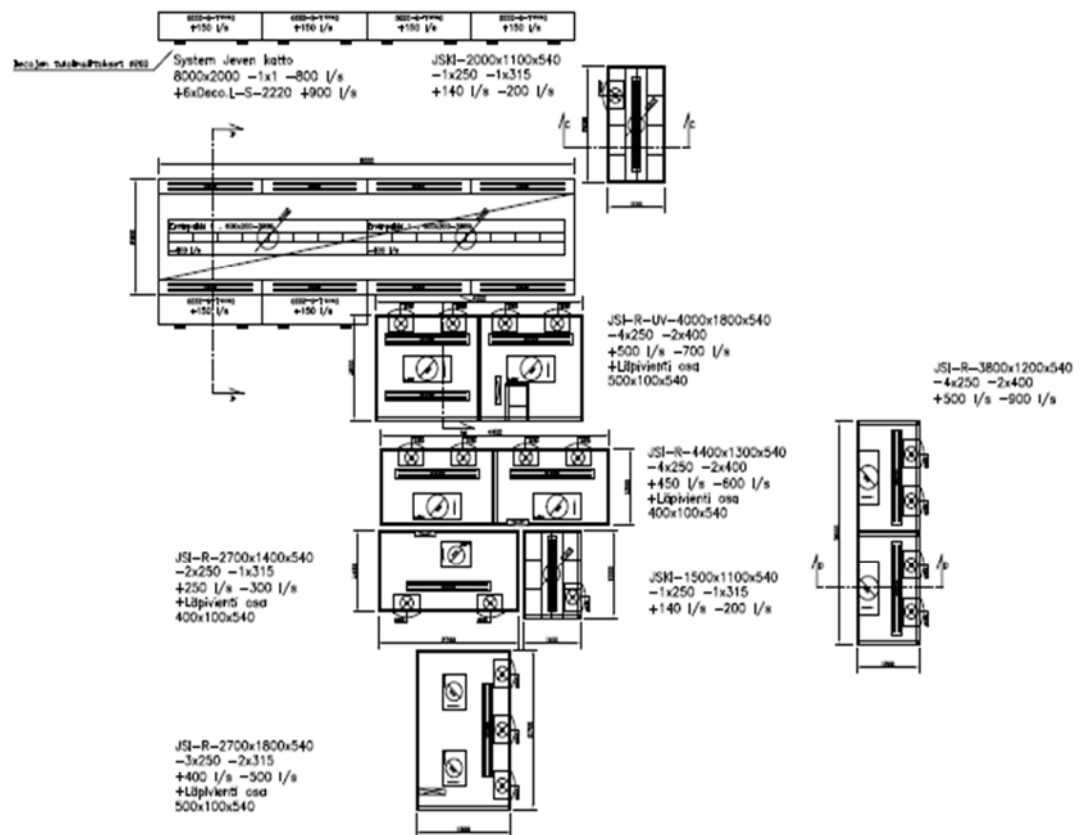
### **5.3 Ravintola Talli**

Ravintola Talli sijaitsee Mikkeliissä Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun kampuksella. Ravintola toimii pääasiallisesti lounas- ja tilausravintolana. Keittiössä



valmistetaan noin 500 ruoka-annosta viikossa. Muun toiminnan ohessa Ravintola Talli toimii myös opetuskeittiönä sekä tutkimus- ja tuotekehitysympäristönä. Talli on uudistettu vuonna 2004 nykyiseen kuntoonsa. /15./

Tallin keittiö poikkeaa muista ravintoloista siinä, että keittiöstä löytyy myös opetuskeittiötilat. Opetuskeittiötilat mahdollistavat ruoanlaittoon liittyvien oppituntien pitämisen ravintola Tallin tiloissa. Ravintolan poistoilman lämmöntalteenotto on toteutettu neulalämmöntalteenotolla.



**KUVA 12. Ravintola Tallin huuvasuunnitelma /28/**

Ravintolan keittiöilmanvaihto on toteutettu Jeven Oy:n huuvilla. Kuvassa 12 näkyy Jeven Oy:n tekemät huuvasuunnitelmat ravintola Tallin keittiöilmanvaihtoon. Keittiössä on yhteensä seitsemän huuvaa, joista viisi on rasvahuuvia ja kaksi kondenssihuuvia. Huuvien lisäksi keittiöstä löytyy pieni ilmanvaihtokatto. Opetuskeittiötilassa sijaitsevassa ilmanvaihtokatossa on käytössä JCD-erottimet. Nykyisin ilmanvaihtokatossa käytetään JPT- tai TurboSwing-erottimia kuvan 8 osoittamalla tavalla. Rasvahuuvissa rasvanerotus on toteutettu JCE-syklonirasvanerottimilla. Astianpesuosastolla on käytössä kondenssi-

ilmakruunuhuuvat (JSKI). Ravintola Tallin keittiöstä löytyy tyypilliset ammattikeittiölaitteet, jotka ovat esitetty tarkemmin liitteessä 10.

## 6 TUTKIMUSMENETELMÄT

IMS-järjestelmän sopivuutta ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon tutkittiin tutustumalla erilaisiin ammattikeittiöihin. Tutkimalla erilaisten ammattikeittiöiden ilmanvaihto- ja lämmöntalteenottoratkaisuja saadaan selvitettyä IMS-järjestelmän sopivuus keittiöön. Kohteesta kerättävän datan avulla suoritetaan laskenta, jolla pyritään todistamaan IMS-järjestelmän hyödyt ammattikeittiöiden ilmanvaihdossa. Laskennassa tarkastellaan kahta erilaista tilannetta. Ensimmäisessä tilanteessa lämmöntalteenoton hyötysuhde lasketaan olettamalla poistoilma täysin kuivaksi. Toisessa tapauksessa huomioidaan lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskennassa poistoilman sisältämä kosteus. Jokaisessa kohteessa on rakennusautomaatiikka, josta saadaan tarvittavaa dataa laskentaa varten. Dataa saadaan liitteiden 1,5 ja 8 mukaisista ilmanvaihtokoneen automaatiokuvista. Kohteiden pohjapiirustuksia pyritään myös hyödyntämään. Konkreettisen datan hyödyntämisen lisäksi kohteiden huoltohenkilökuntaa haastatellaan.

Laskennassa tarkastellaan ilmamäärän pudottamisen vaikutuksia lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeseen. Vuosihyötysuhdetta tarkastelemalla saadaan kokonaiskuva IMS-järjestelmän tuomista vuotuisista eduista. Laskennan avulla tutkitaan myös, miten IMS-järjestelmä vaikuttaa nestekiertoiseen lämmöntalteenottoon sekä neulalämmöntalteenottoon. Laskentaan tarvittavat kaavat ovat otettu Ympäristöministeriön monisteesta 122, Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa (2003). Tämän lisäksi kaavoja on otettu O. Seppäsen Ilmastoinnin suunnittelu (2004) kirjasta, sekä Esa Sandbergin Ilmastointilaitoksen mitoitus kirjasta (2014).

Kohteen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskemista varten on selvitettävä ilmanvaihtokoneen tarvitseva lämmitysenergiantarve, kun ilmanvaihtokoneessa ei ole lämmöntalteenottoa. Lämmitysenergiantarve saadaan laskettu kaavan 1 mukaisesti.

$$Q_{iv-kone} = \rho \times c_p \times q_{pLTO} \times \sum(t_s - t_u) \times \Delta\tau \quad (1)$$

missä	$Q_{iv-kone}$	on ilmanvaihdon lämmitysenergiantarve, kun ilmanvaihtokoneessa ei ole lämmöntalteenottoa, kWh
	$\rho$	on ilman tiheys, kg/m <sup>3</sup>
	$c_p$	on ilman ominaislämpökapasiteetti, kJ/kgK
	$q_{pLTO}$	on poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
	$t_s$	on sisäilman lämpötila (= poistoilman lämpötila), °C
	$t_u$	on ulkoilman lämpötila, °C
	$\Delta\tau$	on aikajakso, jolloin lämpötilaero ( $t_s - t_u$ ) esiintyy, h

Lämmitysenergiantarpeen lisäksi on selvitettävä ilmanvaihtokoneen poistoilmasta talteenottama lämpöenergian määrä, kun ilmanvaihtokone sisältää lämmöntalteenoton. Ilmanvaihtokoneen sisältäessä lämmöntalteenoton, voidaan poistoilmasta talteenotettava lämpöenergian määrä laskea kaavan 2 mukaan.

$$Q_{LTO} = \rho \times c_p \times q_{tLTO} \times \sum(t_{tLTO} - t_u) \times \Delta\tau \quad (2)$$

missä	$Q_{LTO}$	on poistoilmasta talteenotettu lämmitysenergia, kun ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenotto, kWh
	$\rho$	on ilman tiheys, kg/m <sup>3</sup>
	$c_p$	on ilman ominaislämpökapasiteetti, kJ/kgK
	$q_{tLTO}$	on tuloilmavirta, m <sup>3</sup> /s
	$t_{tLTO}$	on tuloilman lämpötila lto:n jälkeen, °C
	$t_u$	on ulkoilman lämpötila, °C
	$\Delta\tau$	on aikajakso, jolloin lämpötilaero ( $t_{tLTO} - t_u$ ) esiintyy, h

Kun kohteen ilmanvaihtokoneen tarvitsema lämmitysenergiantarve ilman lämmöntalteenottoa ja ilmanvaihtokoneen poistoilmasta talteenottama lämpöenergia on selvillä, voidaan laskea kaavan 3 mukaisesti lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde.

$$\eta_a = \frac{Q_{LTO}}{Q_{iv-kone}} \quad (3)$$

missä	$\eta_a$	on lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde
-------	----------	--------------------------------------

$Q_{LTO}$	on poistoilmasta talteenotettu lämmitysenergia, kun ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenotto, kWh
$Q_{iv-kone}$	on ilmanvaihdon lämmitysenergian tarve, kun ilmanvaihtokoneessa ei ole lämmöntalteenottoa, kWh

Kaavojen 4 ja 5 avulla voidaan laskea ilmanvaihdon tuloilman ja poistoilman lämpötilahyötysuhde. Tulo- ja poistoilman lämpötilahyötysuhdetta tarvitaan lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskentaan, kun tulo- ja poistoilmavirrat eivät ole yhtä suuret.

$$\eta_t = \frac{(t_{tLTO} - t_u)}{(t_s - t_u)} \quad (4)$$

missä	$\eta_t$	on tuloilman lämpötilahyötysuhde
	$t_{tLTO}$	on tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen, °C
	$t_s$	on sisäilman lämpötila, °C
	$t_u$	on ulkoilman lämpötila, °C

$$\eta_p = \frac{(t_s - t_j)}{(t_s - t_u)} \quad (5)$$

missä	$\eta_p$	on poistoilman lämpötilahyötysuhde
	$t_s$	on sisäilman lämpötila, °C
	$t_j$	on jäteilman lämpötila LTO:n jälkeen, °C
	$t_u$	on ulkoilman lämpötila, °C

Asettamalla poistoilmasta otettu lämpöteho yhtä suureksi kuin tuloilmaan siirtyvä lämpöteho, saadaan lämpötaseen perusteella selville tulo- ja poistoilman lämpötilahyötysuhteiden välinen yhteys. Lämpötaseen avulla voidaan kaavan 6 mukaisesti laskea poistoilman lämpötilahyötysuhde, kun ilmavirrat ovat epäsuhtaiset.

$$\eta_p = \eta_t R_{LTO} \quad (6)$$

missä	$\eta_p$	on poistoilman lämpötilahyötysuhde
	$\eta_t$	on tuloilman lämpötilahyötysuhde

$R_{LTO}$  on lämmöntalteenoton läpi kulkevien tuloilmavirran ja poistoilmavirran suhde

Tuloilman lämpötilanhyötysuhde lasketaan kaavan 7 mukaisesti, kun ilmavirrat ovat epäsuhteiset.

$$\eta_{t(R_{LTO}=1)} = \frac{1+R_{LTO}}{2} \times \eta_{t(R_{LTO})} \quad (7)$$

missä  $\eta_{t(R_{LTO}=1)}$  on yhtä suuria ilmavirtoja vastaava tuloilman lämpötilahyötysuhde  
 $R_{LTO}$  on lämmöntalteenoton läpi kulkevien tuloilmavirran ja poistoilmavirran suhde  
 $\eta_{t(R_{LTO})}$  on tuloilman lämpötilahyötysuhde epäsuhteisilla ilmavirroilla

Kaavalla 8 voidaan laskea ilman entalpia. Entalpialla tarkoitetaan ilman sisältämää suhteellista lämpösisältöä.

$$h = c_{pi} * t + x * (l_{ho} + c_{ph} * t) \quad (8)$$

missä  $h$  on kosteailman entalpia, kJ/kg  
 $c_{pi}$  on ilman ominaislämpökapasiteetti, kJ/kg °C  
 $c_{ph}$  on vesihöyryn ominaislämpökapasiteetti, kJ/kg °C  
 $l_{ho}$  on veden ominaislatenttilämpö 0 °C:ssa  
 $t$  on kosteailman lämpötila, °C  
 $x$  on ilman kosteus, kg/kg

Entalpian avulla voidaan laskea kosteanpoistoilman mukana siirtyvän lämpötehon määrä kaavan 9 mukaisesti.

$$\Phi = q_{v,poisto} \times \rho \times (h_1 - h_2) \quad (9)$$

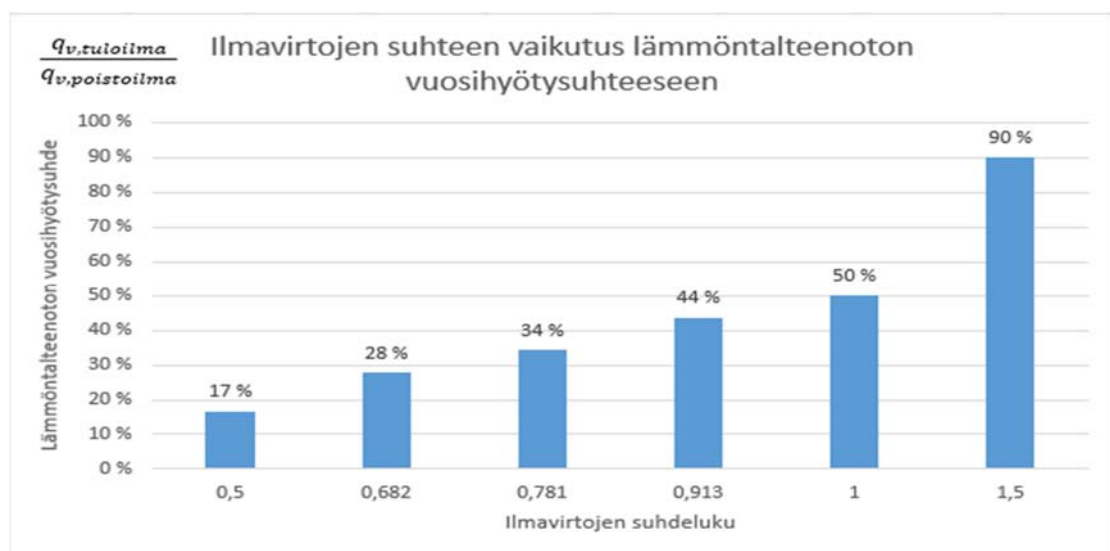
missä  $\Phi$  on siirtyvä lämpöteho, kW  
 $q_{v,poisto}$  on poistoilman tilavuusvirta, m<sup>3</sup>/s  
 $\rho$  on ilman tiheys, kg/m<sup>3</sup>

- $h_1$  on ilman entalpia ennen lämmöntalteenottoa, kJ/kg  
 $h_2$  on ilman entalpia lämmöntalteenoton jälkeen, kJ/kg

Laskennassa käytetyt ulkolämpötilojen pysyvyystiedot ovat peräisin Ilmatieteen laitoksen TRY 2012 -julkaisusta (Liite 11). Laskettaessa rakennuksen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta käytetään säävyöhykkeen I ja II ulkolämpötilatietoja. /16./

## 7 TULOKSET

Laskennassa keskityttiin tutkimaan IMS-järjestelmän vaikutuksia lämmöntalteenottoon ja energiansäästön potentiaalia. Laskennan lopputuloksena saatiin selkeät tulokset IMS-järjestelmän vaikutuksista lämmöntalteenottoon. Laskennan avulla havaittiin, että ilmavirtojen muuttaminen ei vaikuta lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeseen, mikäli ilmavirtojen suhde ja tuloilman lämpötilasuhde pysyvät samana. Jos ilmavirtoja ei muuteta samassa suhteessa tai tuloilman lämpötilasuhdetta muutetaan, lämmöntalteenoton toiminta heikentyy. Kuvassa 13 on esitetty ilmavirtojen suhteen muuttamisen vaikutus lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeseen.



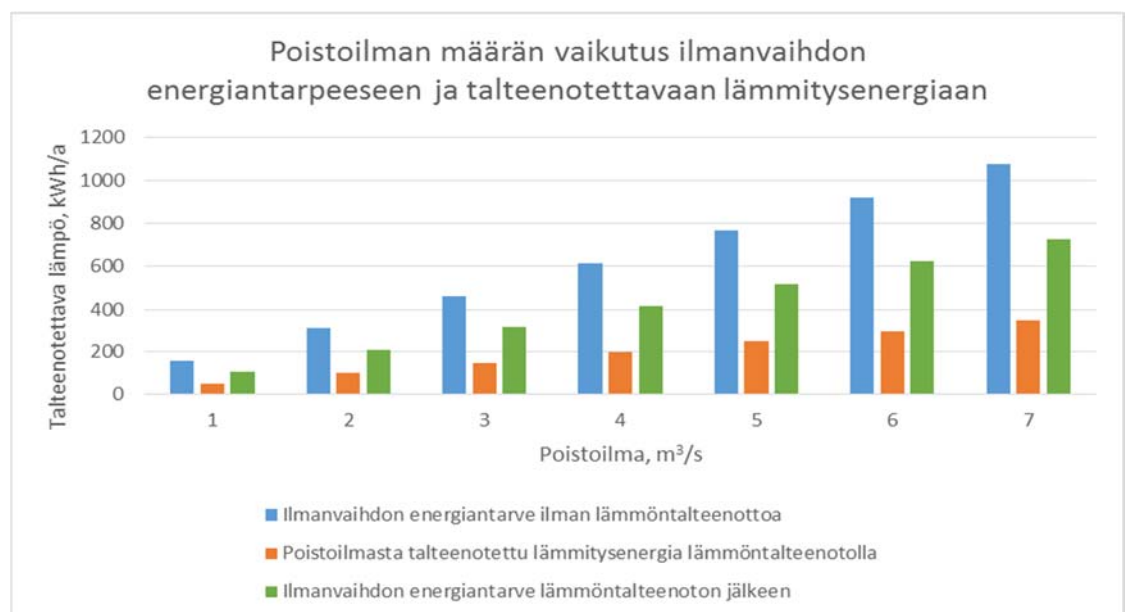
**KUVA 13. Ilmavirtojen suhteen vaikutus lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeseen**

Kuvasta 13 nähdään, että paras lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde saavutetaan, kun ilmavirtojen suhde on 1,5. Tämä tarkoittaa sitä, että tuloilman määrä on suurempi kuin

poistoilman määrä. Keittiön ilmavirtojen suhde on tyypillisesti noin 0,8 - 0,9. Ilmavirtojen suhde ei voi olla ammattikeittiöissä suurempi kuin yksi johtuen siitä, että ammattikeittiöiden tulee aina olla alipaineisia. Ilmavirtojen suhde ei voi myöskään olla liian pieni. Mikäli poistoilmaa poistetaan keittiöstä huomattavasti enemmän kuin tuloilmaa tuodaan, aiheuttaa se lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen laskemista. Viranomaismääräysten mukaan lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteen tulee olla vähintään 45 %, joten tämänkin takia ilmavirtojen suhde ei saa olla liian pieni. Ilmavirtojen suhde saadaan useimmiten kohdilleen, kun poistoilma mitoitetaan noin 10 % suuremmaksi kuin tuloilma. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on laskettu kaavan 3 mukaisesti, jonka jälkeen tulo- ja poistoilmanmäärää on muutettu. Tuloilman lämpötilasuhde on kaikissa esimerkeissä 50 %.

Laskennassa tarkasteltiin myös poistoilman määrän vaikutusta ilmanvaihdon energiantarpeeseen ja talteenotettavaan lämmitysenergiaan. Tällä haluttiin tutkia poistoilman pudottamisen vaikutusta lämmöntalteenottoon. Taulukossa 3 on esitetty poistoilman määrän vaikutukset ilmanvaihdon energiantarpeeseen ja lämmöntalteenotolla talteen saatavaan lämmitysenergian määrään. Taulukossa sinisellä kuvataan ilmanvaihdon käyttämää energian määrää, kun ilmanvaihtokoneessa ei ole lämmöntalteenottoa. Punaisilla palkeilla kuvataan poistoilmasta talteenotettua lämmitysenergiaa, kun ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenotto. Taulukossa vihreällä on esitetty ilmanvaihdon tarvitsema energia lämmöntalteenoton jälkeen. Lämmitysenergian määrät on esitetty kilowattitunteina.

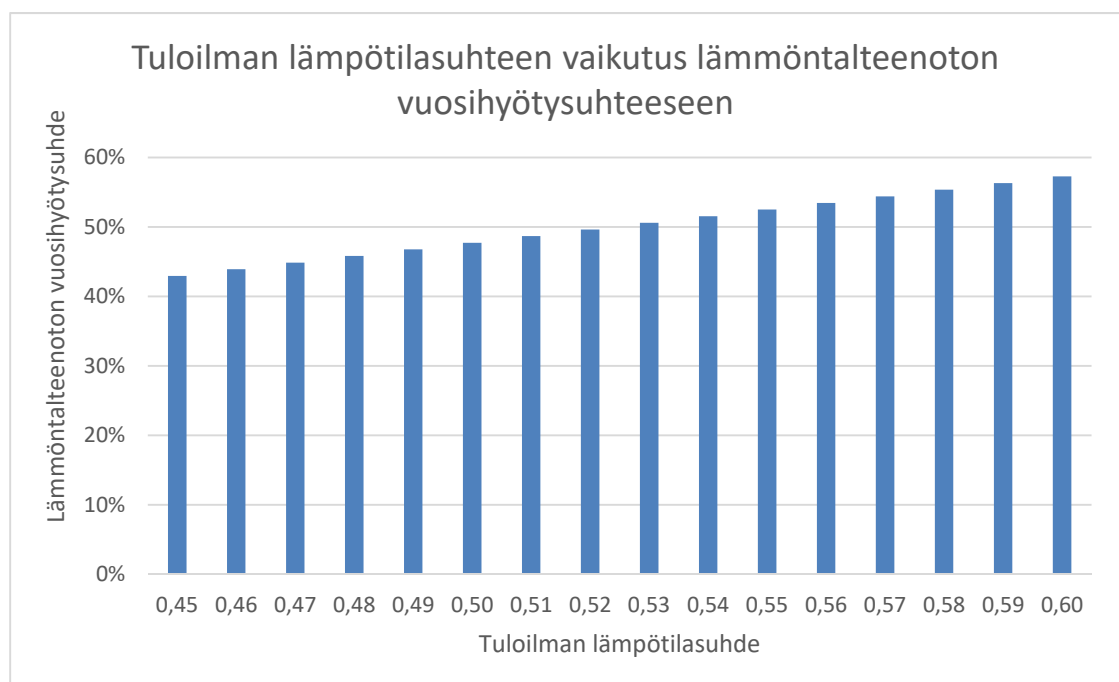
**TAULUKKO 3. Poistoilman määrän vaikutus talteenotettavan lämmön määrään**



Taulukosta 3 nähdään selkeästi poistoilman määrän vaikutus lämmitysenergian määrään. Poistoilman määrän noustessa ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysenergian määrä kasvaa. Samanaikaisesti lämmöntalteenotolla talteenotettavan lämmitysenergian määrä kasvaa. Mitä suurempi on poistettava ilmavirta, sitä enemmän ilmanvaihto tarvitsee lämmitysenergiaa, mutta vastaavasti suurilla poistoilmamäärillä saadaan lämmitysenergiaa talteen suurempia määriä. Poistoilman määrän muuttaminen ei vaikuta lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeseen, kunhan ilmavirtojen suhde pysyy samana.

Ilmavirtojen suhteen lisäksi suurin tekijä, joka vaikuttaa lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeseen on tuloilman lämpötilahyötysuhde. Yleisesti lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilahyötysuhteen ilmoittaa laitteiston valmistaja. Valmistajan tulee ilmoittaa standardin SFS- EN 308:1997 mukaan laskettu tuloilman lämpötilasuhde /16, s.49./ Mikäli valmistaja ei ilmoita lämmöntalteenottolaitteistolle tuloilman lämpötilahyötysuhdetta, voidaan laskennassa käyttää arvoa 45-60 %. Tuloilman lämpötilasuhde voidaan laskea kaavan 4 mukaisesti. Tuloilman lämpötilasuhteeseen vaikuttaa ulkoilman lämpötila, sisäilman lämpötila sekä LTO:n jälkeinen lämpötila. Taulukossa 4 on esitetty tuloilman lämpötilasuhteen vaikutuksia lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeseen. /16, s.44./

#### **TAULUKKO 4. Tuloilman lämpötilasuhteen vaikutus lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeseen**

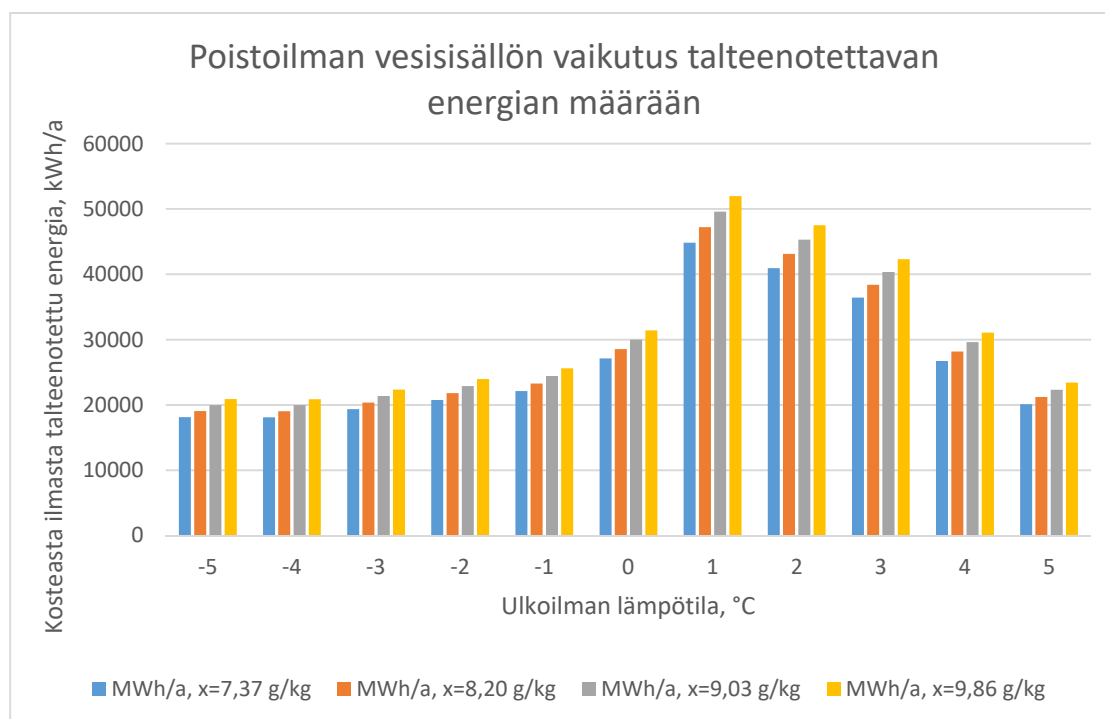




Tuloilman lämpötilasuhteena on käytetty arvoja 45-60 %. Jokaiselle eri tuloilman lämpötilasuhteelle on laskettu sitä vastaava lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 43 %, kun tuloilman lämpötilasuhteena on käytetty 45 %. Vastaavasti tuloilman lämpötilasuhteen ollessa 60 % on lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde 57 %. Taulukosta havaitaan, että mitä parempi on tuloilman lämpötilasuhte, sitä parempi on myös lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde.

Koska keittiöstä poistettava ilma ei ole kuivaa, täytyy lämmöntalteenottoon liittyvässä laskennassa huomioida ilmassa olevan kosteuden mukana siirtyvä lämpöenergia. Keittiön poistoilman kosteusprosentti vaihtelee 40 - 60 %:n välillä. Kosteusprosenttiin vaikuttaa oleellisesti keittiön laitekanta. Ilmankosteuden mukana siirtyvän lämpöenergian määrää on tarkasteltu entalpian avulla. Taulukossa 5 on tarkasteltu poistoilmankosteuden vaikutuksia talteenotettavan lämpöenergian määrään.

**Taulukko 5. Poistoilman vesisisällön vaikutus talteenotettavan energian määrään**



Taulukossa on tarkasteltu neljää eri tapausta, joissa poistoilman suhteellinen kosteusprosentti muuttuu. Laskennassa suhteellisena kosteusprosenttina on käytetty 45 %, 50 %, 55 % sekä 60 %. Taulukkoon on merkitty jokaista suhteellista kosteusprosenttia vastaava ilman vesisisältö. Talteenotettavan energian määrä on saatu selville laskemalla kaavan 9 mukaisesti lämpöteho, jonka jälkeen lämpötehon määrä on

kerrottu vuotuisella ilmanvaihdon käyntiajalla. Ilmanvaihdon vuotuisena käyntiaikana on laskennassa käytetty 24 tuntia päivässä, 7 päivää viikossa. Näin ollen ilmanvaihdon vuotuiseksi käyntiajaksi saadaan 8760 tuntia. Poistoilman määränä on käytetty 3,6 m<sup>3</sup>/s ja poistoilman lämpötilana on käytetty +22 °C. Taulukosta havaitaan talteenotettavan lämpöenergian määrän kasvavan, mitä suurempi on poistoilman suhteellinen kosteusprosentti. Tämä johtuu siitä, että mitä enemmän poistettava ilma sisältää vesihöyryä, sitä enemmän ilmassa on lämpöenergiaa. Lämmönsiirtoaineena vesi on huomattavasti parempi kuin ilma johtuen veden ja ilman ominaislämpökapasiteeteista. Vesihöyry sisältää lämpöä 2500 kJ/kg. Talteenotettavan lämpöenergian määrä muuttuu ulkolämpötilan esiintymistiheyden mukaan. Energian määrä on suurin, kun ulkolämpötila on +1 °C. Tämä johtuu siitä, että +1 °C vuotuinen esiintymistiheys on suurempi, kuin taulukon muilla ulkolämpötiloilla. Ulkolämpötila +1 °C esiintymistiheys on noin 519 tuntia vuodessa. Muiden ulkolämpötilojen esiintymistiheydet on esitetty liitteessä 12.

Taulukossa 6 on esitetty esimerkki ilmavirtojen muuttamisen vaikutuksista ilmanvaihdon vuotuisiin kustannuksiin. Vertailutapauksessa kohteen ilmanvaihto on päällä 24 tuntia vuorokaudessa ympäri vuoden. Poistoilman määrä on 3,6 m<sup>3</sup>/s. Rakennuksen primäärienergian muotona oletetaan olevan kaukolämpö. Kaukolämmön hintana on käytetty 70 €/MWh.

#### TAULUKKO 6. Ilmanvaihdon käyntiajan vaikutus vuotuisiin kustannuksiin

Käyntiaika h/a	Q MWh/a	Energian hinta €/MWh	Ostoenergia €/a	Ostoenergia LTO:n jälkeen, €/a	Vuotuinen säästö €/a
8760	548	70,00	38375	19187	-
7884	493	70,00	34537	17269	1919
7008	439	70,00	30700	15350	3837
6132	384	70,00	26862	13431	5756
5256	329	70,00	23025	11512	7675
4380	274	70,00	19187	9594	9594

Taulukossa on esitetty kuusi eri ilmanvaihdon vuotuista käyntiaikaa. Laskennassa on oletettu, että IMS-järjestelmän avulla ilmanvaihto pystytään optimoimaan, jolloin vuotuinen käyntiaika laskee. Taulukosta havaitaan, että vuodessa tarvittavan energian määrä määräytyy suoraan ilmanvaihdon vuotuisesta käyntiajasta. Puolittamalla vuotuinen käyntiaika, puolittuu myös vuotuinen energiantarve. Jokaiselle eri tapaukselle on laskettu kustannukset vuodessa. Vuotuisissa kustannuksissa tulee

huomioida lämmöntalteenotolla saavutettavat säästöt. Esimerkissä lämmöntalteenotolla saadaan talteen 50 % energiasta. Ilmanvaihdon käyntiajan ollessa 8760 tuntia vuodessa, vuotuiset energiakustannukset ovat 19 187 € vuodessa. Kun käyntiaikaa tiputetaan 20 %, jolloin vuotuinen käyntiaika on 7008 tuntia vuodessa kustannukset putoavat 15 350 euroon vuodessa. Säästöä syntyy siis 3837 euroa vuodessa. Tiputtamalla ilmanvaihdon vuotuista käyntiaikaa vain 10 %, saavutetaan lähes 2000 euron vuotuiset säästöt energiakustannuksissa. Ilmavirtoja kannattaa muuttaa tilanteeseen sopivaksi aina kuin mahdollista. Ilmanvaihtokonetta ei ole järkevää ajaa täydellä teholla, jos tälle ei ole mitään tarvetta. Koneen tehoa pienettäessä säästetään aina rahaa. Mitä tarkemmin ilmavirtoja pystytään säätämään, sitä enemmän säästetään energiakustannuksissa. Ilmavirtojen muuttamisella voidaan säästää huomattavia summia energiakustannuksissa.

## 7.1 IMS-järjestelmän toteutus

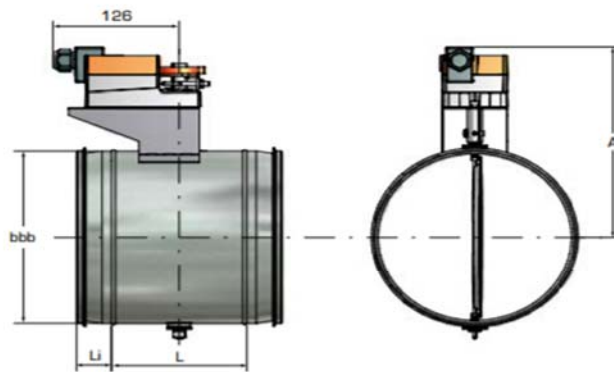
Jos IMS-järjestelmä toteutetaan osana ammattikeittiön ilmanvaihtoa, on se huomioitava jo suunnitteluvaiheessa. IMS-järjestelmää varten on varattava tarpeeksi tilaa niin säätöpelleille, kuin myös peltejä ohjaavalle automatiikalle. Suurin poikkeus, jonka IMS-järjestelmän asentaminen vaatii verrattuna tavalliseen ammattikeittiöön, ovat säätöpellit sekä niiden ohjaukseen tarvittava automatiikka. Automatiikka pitää sisällään anturit, kytkennät ja keskusohjausyksikön. Kanaviston suunnittelussa ja reitittämisessä täytyy huomioida, että säätöpellit ovat halkaisijaltaan suurempia kuin ilmanvaihtokanava. Kanavistolle ja tarvittavalle automaatiolle tulee siis varata tarpeeksi tilaa.

Automaation lisäksi ilmanvaihtokanavaistoon tulee asentaa säätöpellit. Jotta ilmavirtaa pystytään säätämään halutuksi, säätöpellit on asennettava sekä tulo- että poistoilmakanavaan. Säätöpelteihin asennetaan toimilaitemoottorit, jotka ohjaavat säätöpeltien asentoa tarpeen mukaan. Kuvassa 14 on esitetty esimerkki kanavistoon asennettavista säätöpelleistä. Säätöpelteihin voidaan asentaa erityyppisiä moottoreita tarpeen mukaan. Säätöpeltien yhteydessä asennetaan tulo- ja poistokanaviin myös tarvittavat mittausanturit. Mittausantureina voidaan käyttää esimerkiksi lämpötilaa, painetta tai kosteutta mittaavia antureita. Kanavistoon voidaan myös asentaa infrapuna-anturit. Säätöpeltien ja antureiden huono puoli on, että ne ovat herkkiä likaantumiselle. Ammattikeittiöiden poistoilman laatu poikkeaa huomattavasti esimerkiksi

koulurakennuksen poistoilmasta. Tämän takia säätöpellit ja anturit altistuvat suurelle määrälle likaa, pölyä ja rasvaa. Kun likaa, rasvaa tai pölyä kertyy tarpeeksi laitteiden päälle, voi niiden toiminta heikentyä tai lakata kokonaan. Laitteiden mennessä epäkuntoon keittiön ilmanvaihto ei toimi suunnitellulla tavalla. Tämän estämiseksi poistoilmanvaihto on varustettava tehokkailla erottimilla. Laitteiden toimivuuden kannalta on siis tärkeää varmistua rasvanerotuksen toimivuudesta asennettaessa IMS-järjestelmää ammattikeittiön ilmanvaihtoon.

#### Mitta- ja painotiedot

Moottori Belimo LM..A, malli aa = 13 ja 43



Koko bbb	L	A	Paino, kg
008	135	160	1,10
010	135	170	1,20
012	135	180	1,30
016	135	200	1,45
020	135	220	2,0
025	125	245	2,4
031	125	280	2,8

**KUVA 14. Fläkt Woods Oy:n moottoriohjattu säätöpelti BDEP /29/**

IMS-järjestelmän toiminta perustuu ilmamäärän säätämiseen, minkä vuoksi järjestelmää ei voi käyttää kaikkien rasvanerottimien kanssa. Esimerkiksi Jeven Oy:n JCE-syklonierottimia ei voi käyttää IMS-järjestelmän kanssa. JCE-syklonierottimet vaativat jatkuvan, noin 60 l/s olevan ilmavirran, jotta rasvanerotus tapahtuu tehokkaasti. Rasvanerotimen on pystyttävä takaamaan rasvansuodatus myös vaihtelevilla ilmavirroilla.

Ammattikeittiössä, jossa ilmanvaihtoon on liitetty IMS-järjestelmä, voidaan rasvansuodatuksen käyttää esimerkiksi TurboSwing-rasvanerottimia. TurboSwing-rasvanerottimet eivät vaadi tasaista ilmavirtaa toimiakseen, koska niiden erotus perustuu sähkömoottorin avulla pyörivään erotuslevyyn. TurboSwing-erottimen

suodatusaste pysyy korkeana, vaikka ilmavirta tippuisikin hyvin pieneksi. Yhden TurboSwing-rasvanerottimen maksimi ilmavirta on 200 l/s. TurboSwing-rasvanerottimeen on mahdollista lisätä myös UV-lamppu, joka tehostaa entisestään rasvanerotusta poistoilmasta. Käytettäessä IMS-järjestelmää on suositeltavaa käyttää UV-TurboSwing-rasvanerottimia. Näin saadaan aikaan mahdollisimman tehokas rasvanerotus poistoilmasta. Mitä ”puhtaampaa” poistettava ilma on, sitä vähemmän se aiheuttaa ongelmia poistoilmakanavassa olevan säätöpellin ja anturin toimintaan. Myös lämmöntalteenotto toimii paremmin ”puhtaalla ilmalla”.

### 7.1.1 IMS-järjestelmän ohjaus

IMS-järjestelmä vaatii toimiakseen automaatiota. Automaation avulla ilmavirta saadaan säädettyä tilanteeseen sopivaksi. Jotta automaatiojärjestelmä osaa säätää ilmavirran oikein, tarvitsee se reaaliaikaista mittaustietoa sen hetkisestä ilmavirrasta. Mittaustietoa tulee kerätä sekä tulo- että poistokanavasta mittaasantureilla. Mittausanturit lähettävät kerätyn tiedon automaatiojärjestelmän ohjausyksikköön. Ohjausyksikköön on ohjelmoitu ohjelmisto, jonka mukaan säätöpeltien asentoja muutetaan. Ohjausyksikkö lähettää jokaiseen säätöpeltiin asennettuun moottoriin käskyn, jonka mukaan moottori muuttaa säätöpellin asentoa. /18./

Toinen vaihtoehto IMS-järjestelmän ohjauksen toteuttamiseen on asentaa huuван yhteyteen fyysinen kytkin. Kytkimen avulla ilmavirtaa voitaisiin säätää portaittain manuaalisesti. Kytkimeen asetettaisiin esimerkiksi neliportainen asteikko, jonka avulla ilmavirtaa voitaisiin säätää 100 %, 75 %, 50 % ja 25 %.

IMS-järjestelmän ohjauksen toteuttaminen manuaalisen kytkimen avulla aiheuttaa myös oman riskinsä. Riskin aiheuttaa keittiössä työskentelevät henkilöt omalla toiminnallaan. Ohjattaessa IMS järjestelmää automaation avulla ei henkilökunnan tarvitse itse huolehtia siitä, että keittiössä on tarvittava ilmavirta. Manuaalista kytkintä käyttämällä inhimillisen erehdyksen sattumisen riski kasvaa, mikä voi johtaa keittiön ilmanvaihdon toimimattomuuteen. Manuaalisen kytkimen avulla ei kanavistoon tarvitse asentaa automaation mittaasantureita. Tällöin kanavistoon tarvitsee asentaa vain säätöpellit. Mitä vähemmän kanavistoon asennetaan laitteita, sitä pienempi on likaantumisen aiheuttaman toimintahäiriön riski. Käytettäessä manuaalista kytkintä on henkilökunta perehdytettävä tarkasti kytkimen oikeaoppiseen käyttöön. /18./

## 7.2 Kustannukset

IMS-järjestelmän asentaminen ammattikeittiön ilmanvaihtoon aiheuttaa lisäkustannuksia niin hankintakustannuksiin kuin rakennuskustannuksiin. Mikkeliissä toimivalta automaatio yritykseltä Fidelix Oy:ltä saimme IMS-järjestelmän ohjaukseen vaadittavan automaation kustannusarvion. Taulukossa 7 on esitetty IMS-järjestelmän asentamisesta sekä hankinnoista syntyviä lisäkustannuksia. Esimerkkikohteessa on viisi huvua eli kohteeseen vaaditaan 10 kappaletta säätöpeltejä. Säätöpeltien ja moottoreiden hinta pitää sisällään kahden pellin ja kahden moottorin hinnan.

**TAULUKKO 7. Esimerkki laskelma IMS- järjestelmän lisäkustannuksista**

	Hinta/huuva € (ALV 0%)	Hinta/kokonaisuus € (ALV 0%)
Automaatio	300,00	1500,00
Säätöpelti	330,00	1650,00
Moottori	486,00	2430,00
Työ	60,00	300,00
Yhteensä	1176,00	5880,00

Taulukosta huomataan, että suurimmat lisäkustannukset tavalliseen järjestelmään verrattuna aiheuttavat säätöpeltien moottorit sekä säätöpellit. Säätöpeltien ja moottorien hintoina on käytetty Fläkt Woods Oy:n tuotteita. Esimerkkilaskelmassa on käytetty BDEP-4-D1-1 -säätöpeltiä ja LM230A- D1-024/230 ON/OFF -moottoria. Moottorit ja säätöpellit ovat tiiveysluokkaa neljä. /26, s.13./ Säätöpellin kokona on esimerkkilaskelmassa käytetty 315 mm, joka on tyypillinen ammattikeittiöiden poistoilmakanavan koko. Laskelmassa yhtä huvua kohti kuluvana työn aikana on käytetty yhtä tuntia. Työtunnin hintana on käytetty 60 €/h. Hinnat ovat suuntaa antavia, eikä niiden perusteella voida tehdä tarkkoja johtopäätöksiä IMS-järjestelmän lisäkustannuksista verrattuna tavalliseen ammattikeittiön ilmanvaihtojärjestelmään.

Hankinta- ja asennuskustannuksien lisäksi on huomioitava kanaviston nuohouksesta ja huollosta aiheutuvat kustannukset. Ammattikeittiöiden ilmanvaihtokanavisto on tarkistettava kerran vuodessa ja nuohota tarvittaessa, joten kanavisto on rakennettava mahdollisimman helposti nuohottavaksi. /25, 2 §./ Säätöpeltien valinnassa on kiinnitettävä huomiota niiden vaikutuksesta nuohoukseen. Säätöpeltien valmistajalta tai

myyjältä on selvitettävä, vaikuttavatko säätöpellit nuohoukseen. Mikäli nuohousta ei voida suorittaa, on säätöpellit irrotettava nuohouksen ajaksi.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Suoritettujen laskentojen perusteella voidaan sanoa, että IMS-järjestelmän asentaminen ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon on mahdollista. IMS-järjestelmän asentaminen ei vaikuttanut negatiivisesti lämmöntalteenoton toimintaan. Laskennan avulla todettiin, että lämmöntalteenottojärjestelmä ei ole riippuvainen ilmavirtojen määrästä. Lämmöntalteenotto toimii hyvin, vaikka ilmavirtoja muutetaan. Ilmavirtoja on kuitenkin muutettava samassa suhteessa. Mikäli tuloilman ja poistoilman suhde muuttuu, ei lämmöntalteenotto enää toimi halutulla tavalla. Energiansäästön kannalta IMS-järjestelmä on kannattavaa asentaa. Järjestelmän avulla on mahdollista säästää suuriakin summia vuotuisissa energiakustannuksissa. Riskitekijöinä IMS-järjestelmän asentamisessa voidaan pitää kokemusten ja tiedon puutetta. Laitteiden toimivuudesta ammattikeittiö ympäristössä ei ole kokemuksia. Toimivuus onkin iso kysymysmerkki, jonka ratkaisemiseen vaaditaan konkreettiista dataa. Myös laitteiden käyttöikä on kysymysmerkki. Mikäli laitteita joudutaan vaihtamaan usein, eivät järjestelmällä saavutetut energiansäästöt pysty kattamaan laitteiden uusimisesta aiheutuvia kustannuksia. Potentiaalia järjestelmällä kuitenkin on.

IMS-järjestelmä soveltuu parhaiten sellaisiin ammattikeittiöihin, joissa on suuret ilmamäärät ja keittiön käyttöaika on yli 12 tuntia vuorokaudessa. Esimerkkikohteisiin IMS-järjestelmän asentamista kannattaisi harkita ainoastaan liikenneasema ABC-Pitkäjärven keittiöön. Liikenneaseman keittiö on käytössä 24 tuntia vuorokaudessa ja keittiön ilmamäärät ovat suuret. Asentamalla IMS-järjestelmä liikenneaseman keittiöön pystyttäisiin ilmavirrat optimoimaan ajankohtaan nähden oikeiksi. Yöaikaan keittiössä valmistetaan satunnaisesti ruoka-annoksia, joten yöaikaan ilmavirtoja voitaisiin pienentää huomattavasti. Yöaikaan sen sijaan valmistetaan paljon pikaruoka-annoksia, mikä tarkoittaa sitä, että uuneja ei käytetä ollenkaan. IMS-järjestelmän avulla voitaisiin ohjata ilmavirtaa sinne, missä sitä tarvitaan.

Pohjois-Karjalan Keskussairaalan (PKSSK) ja ravintola Tallin keittiöihin IMS-järjestelmää ei ole suositeltavaa asentaa. Suurin syy tähän on, että keittiöiden käyttöaika

on 6-8 tuntia vuorokaudessa. Molemmissa keittiöissä ruoanlaitto on hyvin pitkälti aikataulutettua ja poikkeuksia tulee hyvin vähän. Liikenneaseman keittiössä ruoka-annosten määrät saattavat vaihdella rajusti päivittäin. Vaikka PKSSK:n keittiössä on suuret ilmamäärät, ei keittiöön ole suositeltavaa asentaa IMS-järjestelmää aikataulutuksen takia. Ruoanlaiton aikataulutuksen ansiosta ilmavirtoja voidaan ohjata suoraan aikaohjelmalla. Ruoanlaitossa ei tule pidempiä taukoja, joten ilmavirtoja ei tarvitse ohjata pienemmäksi kesken ruoanlaiton. Ruoanlaitto ajoittuu kello 6:00 - 15:00 välille, joten myös ilmanvaihto voidaan ajastaa esimerkiksi ajalle 5:00 - 16:00. Ruoanlaiton jälkeen ilmanvaihto ohjataan pienemmäksi, jotta tilassa pysyy yleisilmanvaihto. Ravintola Tallin ruoanlaitto on myös aikataulutettu, joten myöskään Ravintola Tallin keittiöön ei ole suositeltavaa asentaa IMS-järjestelmää.

IMS-järjestelmien käyttäminen ammattikeittiöiden ilmanvaihdossa on vielä melko uusi asia, eikä kokemuksia järjestelmän käytöstä tai toimivuudesta vielä ole. Laskelmien avulla saatiin selville, että IMS-järjestelmä voidaan asentaa ammattikeittiöiden ilmanvaihtoon vaarantamatta lämmöntalteenottojärjestelmän toimintaa. Laskennan tueksi olisi hyvä saada myös konkreettista tietoa IMS-järjestelmän toimivuudesta, jolloin nähtäisiin, onko järjestelmän asentamisesta hyötyä. Tietoa voitaisiin kerätä ilmanvaihtokanavistoon asetettavien dataloggereiden avulla. Dataloggereilla saataisiin kerättyä tietoa ilmavirran lämpötilasta ja kosteudesta. Loggereilla kerättävän tiedon lisäksi kanaviston ilmavirtoja olisi myös mitattava. Ilmavirran mittauspisteet ja dataloggerit olisi sijoitettava kanavistoon siten, että mittauspisteitä olisi neljässä kohdassa. Nämä kohdat olisivat tuloilmakanavassa ennen ja jälkeen lämmöntalteenoton ja samoin poistoilmakanavassa. Näin saataisiin kattavasti tietoa ilman ominaisuuksien muutoksista. Mittausten yhteyteen olisi myös hyvä yhdistää kulutusseuranta, jolloin nähtäisiin mahdollisesti saavutettavat energiansäästöt IMS-järjestelmällä.

Ilmavirtojen säätö tulee olemaan osa ammattikeittiöiden ilmanvaihtoa, mikäli automaatioon ja järjestelmän toimintaan liittyvät toimintahäiriöt pystytään estämään. Suurin ongelma on saada tarvittavat laitteet toimimaan ja kestäämään. Toistaiseksi asiasta on vähän kokemuksia ja tutkimuksia, minkä takia ilmavirtojen säätö ei ole vielä yleistynyt ammattikeittiöissä. Ilmavirtojen säätö mahdollistaa suuret säästöt energiakustannuksissa, joten ilmavirtojen säätöä varmasti tutkitaan ja kehitetään tulevaisuudessa.

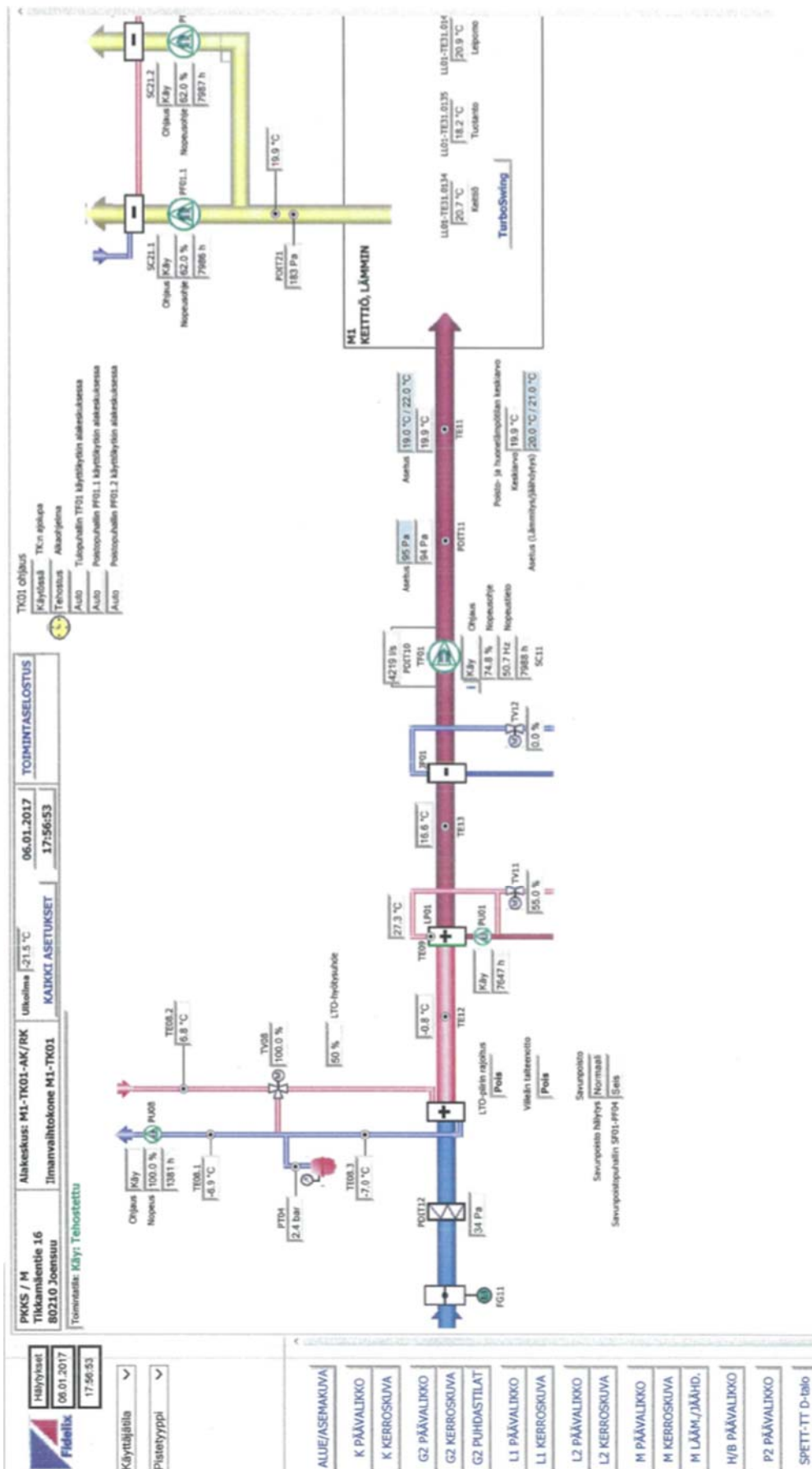


## LÄHTEET

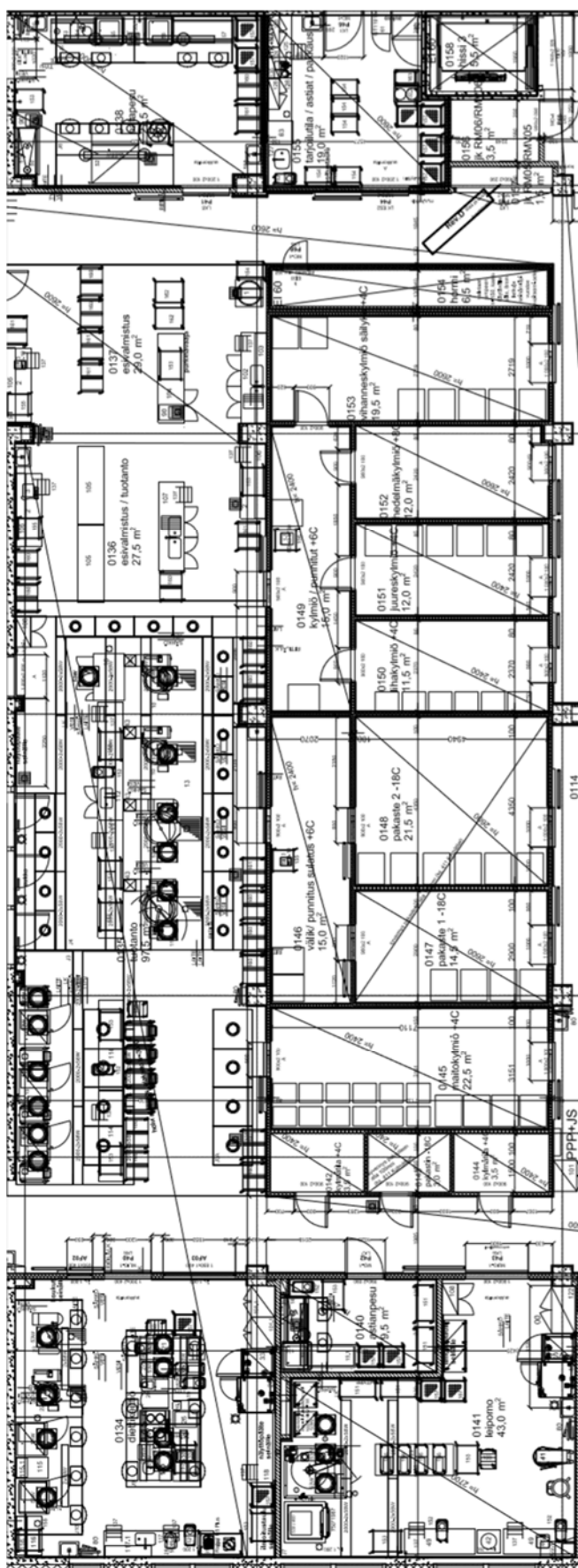
- 1) Rakennustieto Oy, LVI 06-10304, Ammattikeittiöiden sisäilmaston suunnittelu, 2000.
- 2) Ilmastoinnin suunnittelu, Olli Seppänen, 2004.
- 3) Motiva Oy:n julkaisema Energiatehokas ammattikeittiö- opas. Päivitetty 15.3.2017. Luettavissa [Motiva Oy](#). Viitattu 16.2.2017.
- 4) Halton Oy:n julkaisema ammattikeittiöiden sisäilmaston suunnitteluopas. Luettavissa [Ammattikeittiöiden sisäilmaston suunnitteluopas](#). Viitattu 17.1.2017.
- 5) Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma D2, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, 2012.
- 6) Jeven Oy:n -nettisivuilta otsikolla ammattikeittiöiden huuvat. Luettavissa [Ammattikeittiöiden huuvat](#). Viitattu 12.2.2017.
- 7) Rakennustieto Oy, LVI 05-10417, Rakennusten sisäilmaston suunnitteluperusteet, 2007.
- 8) Jeven Oy:n julkaisema UV-TurboSwing tekninen esite. Luettavissa [UV-TurboSwing](#). Viitattu 26.3.2017.
- 9) Rakennustieto Oy, LVI 38-10454, Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto, 2010.
- 10) Retermia Oy:n -nettisivuilta otsikolla terminologia. Luettavissa [Terminologia](#). Viitattu 22.3.2017.
- 11) Retermia Oy:n julkaisema tuotekatalogi. Luettavissa [Tuotekatalogi 2016](#). Viitattu 22.3.2017.
- 12) Hämäläinen Jyrki, haastattelu 20.2.2017. Jeven Oy, Tuotepäällikkö.
- 13) Fläkt Woods Oy:n julkaisema tekninen esite. Luettavissa [EURV- ECOTERM BOX](#). Viitattu 22.3.2017.
- 14) Lindab Oy, IMS- järjestelmän tekninen esite. Luettavissa [IMS- järjestelmä](#). Viitattu 13.2.2017.
- 15) Ravintola Tallin kotisivut. Luettavissa [Talli](#). Viitattu 2.3.2017.
- 16) Tasauskalkentaopas 2012, Suomen rakentamismääräyskokoelma, Ympäristöministeriö.
- 17) Ilmatieteenlaitoksen julkaisema Try 2012. Luettavissa [Ilmatieteenlaitos](#).
- 18) Hasa Tero, haastattelu 20.2.2017. Fidelix Oy Mikkeli, Aluepäällikkö.
- 19) Ilmastointilaitoksen mitoitus, Esa Sandberg, 2014.
- 20) Työturvallisuuslaki, 23.8.2002/738.

- 21) Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma D3, Rakennusten energiatehokkuus, 2011.
- 22) Rakennustieto Oy, RT 94-10443, Suurkeittiöt, 1991.
- 23) Rakennustieto Oy, RT 94-11254, Ammattikeittiöt, 2017.
- 24) ASHRAE Handbook, HVAC Applications, 1997.
- 25) Sisäasiainministeriön asetus 802/2001, Ilmanvaihtokanavien ja -laitteiston puhdistus.
- 26) Fläkt Woods Oy:n julkaisema laitehinnasto. Luettavissa [Hinnasto 2016](#). Viitattu 2.4.2017.
- 27) Regelsamling för byggande, BBR 2015.
- 28) Jeven Oy:n tietokanta.
- 29) Fläkt Woods Oy:n julkaisema tekninen esite. Luettavissa [Säätöpelti BDEP](#). Viitattu 18.4.2017.
- 30) Ympäristöministeriö, Moniste 122, Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto lämpöhäviöiden tasauslaskennassa, 2003.

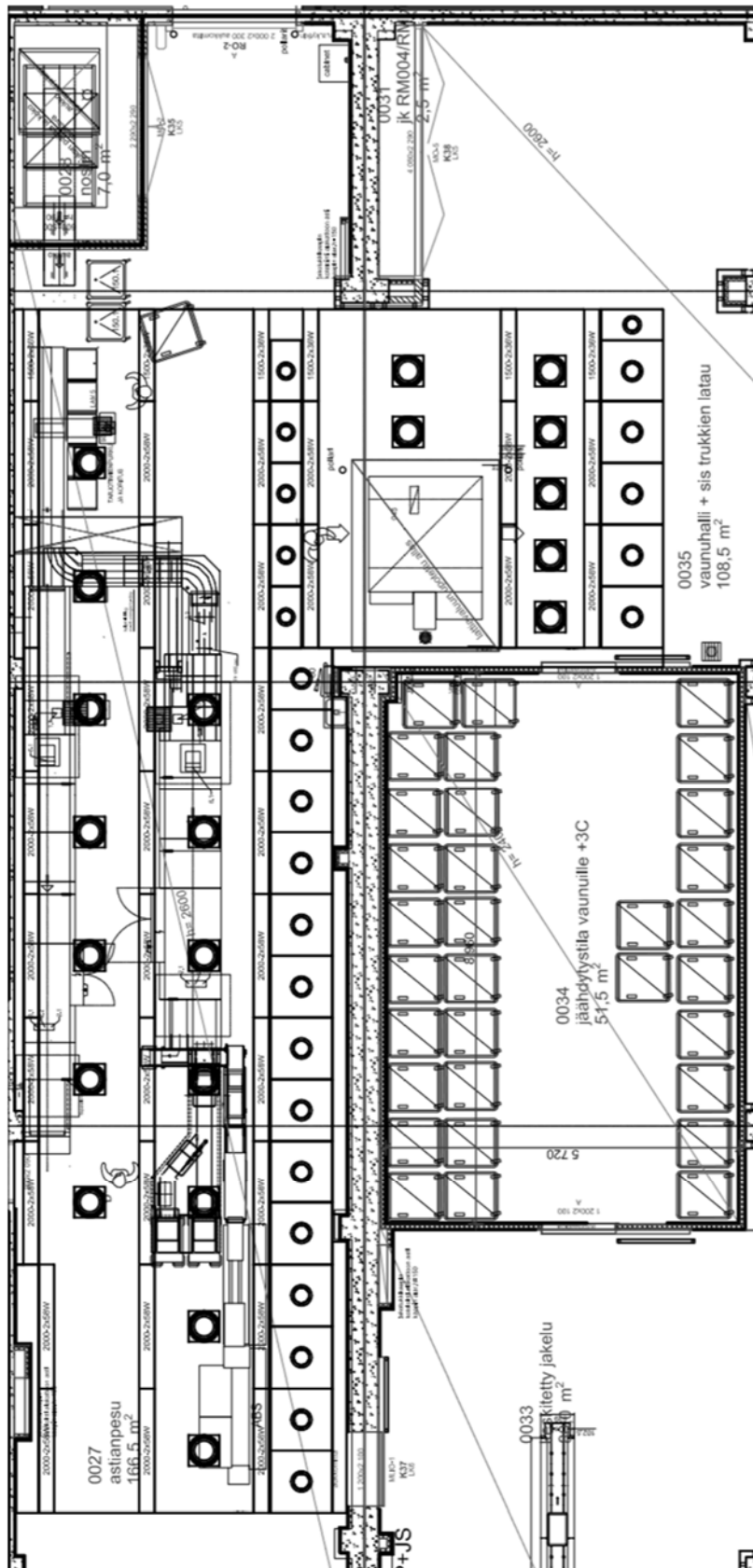
### PKSSK:n keittiön ilmanvaihtokoneen automaatiokuva



PKSSK:n ruoanlaitto-osaston pohjakuva



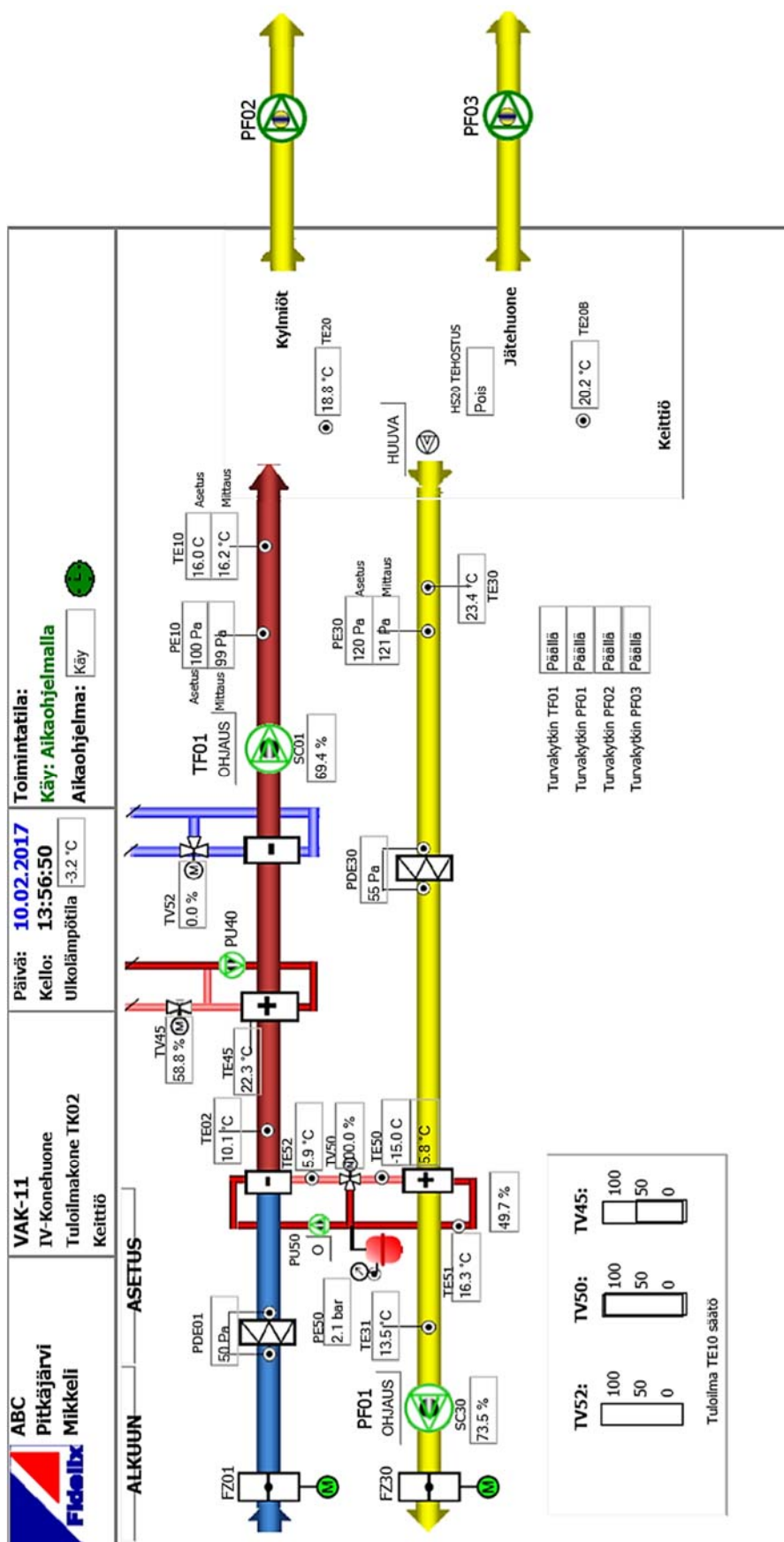
PKSSK:n astianpesuosaston pohjakuva

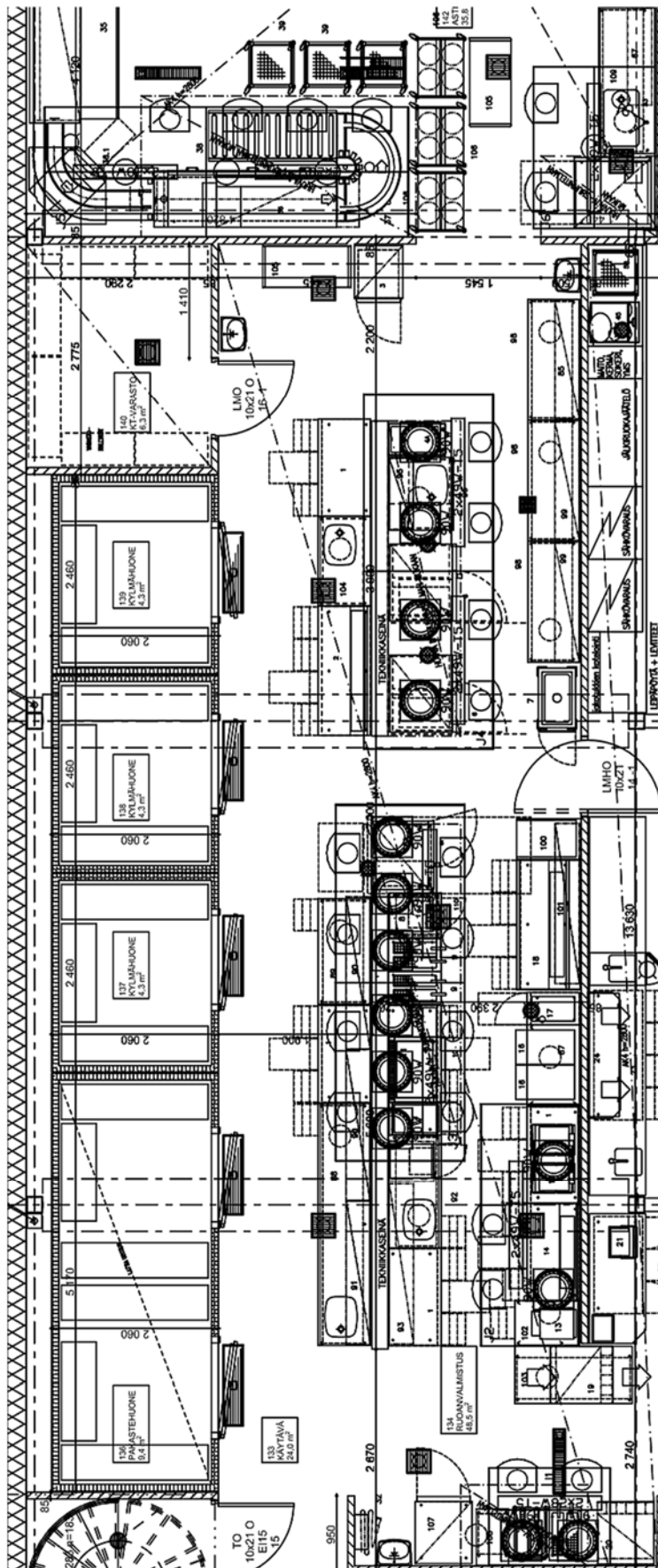


## PKSSK:n kalusteluettelo

POS	KPL	LAITE TAI KALUSTE	KOKO TYYPPI	SÄHKÖ Jännite + kW
		<b>Lämmin keltiä-perusruoka (0135)</b>		
10	2	Keittopata, sekoittava	Metos Proveno, 100 l, Jääpankki	SÄ 20.75kW, 400V, 3NPE 40A
11	1	Keittopata, sekoittava	Metos Proveno, 200 l, Jääpankki	SÄ 35.5kW, 400V, 3NPE 63A + 230V, 1N
12	1	Keittopata, sekoittava	200 l, nykyinen (Varaus jääpankille)	SÄ 36kW/63A, 400V, 3N
13	1	Massansiirtopumppu	padoille	SÄ n.1kW, 1N, 230V, P
14	1	Monitoimiuuni	Nykyinen SCC 201 20x GN 1/1-65	SÄ 37kW, 63A, 400V, 3N
15	2	Monitoimiuuni	Metos MSCC WE/MCM PLUS Metos 101	SÄ 37kW, 63A, 400V, 3N
16	1	Painekeittokaappi	Nykyinen, Futuramarvel 8x GN1/1-65	SÄ 36kW, 63A, 400V, 3N
18	1	Esipesusuihku rst, rf 100mm	1200mm	
18.1	1	Esipesusuihku	seinämällä	
19	1	Astianpesukone	Metos WD-7	SÄ 10,1kW, 400V, 3NPE 16A
19.1	1	Kuivausrata rst	1200mm, alla koriohteet	
		<b>Jäähdytysuoneet:</b>		
22	1	Keittopata, sekoittava	Nykyinen CombiPro 60	SÄ 17kW/32A, 400V, 3N, PK
23	1	Keittopata, sekoittava	Metos Proveno, 60 l, Jääpankki	SÄ 16.75kW, 400V, 3NPE 32A + 230V, 1N
24	1	Monitoimiuuni	Nykyinen, 10x GN 1/1-65	SÄ 19kW, 32A, 400V, 3N
24.1	1	Monitoimiuuni	Metos MSCC WE/MCM PLUS Metos 61	SÄ 10kW, 16A, 400V, 3N
26	1	Jäävesiallas	Hankitaan myöhemmin	SÄ 2kW, 1N, 230V, P (Takentuu)
27	1	Induktioliesi	Metos induktioliesi 7410 GC14 keittoluetta	SÄ 14kW, 25A, 400V, 3N~, PK
28	1	Yleiskone	6.7 l KPM05-PRO Major	SÄ 1.5kW, 230V, 1N, 50Hz, P
29	1	Kontaktitypsennyskeskus	Metos Varlocoking Center, 2x 16 l	SÄ 17kW, 400V, 3NPE 32A
		<b>Leipomo (0135)</b>		
41	1	Yleiskone	Leipurin Oy 60 litraa, 30-40 l kulho Hobart H-600	SÄ 1kW, 400V, 3N, 50Hz, PK
42	1	Pullan pyörityskone	Nykyinen, 30 pullaa	SÄ 2kW, 400V, 3N, 50Hz, P
43	1	Vaihtolämpöuuni	Leipurin Oy yhdelle pinnavaunuille Lillnord KR 105-105	SÄ 5.7kW, 400V, 3N, 50Hz
44	1	Leipomouuni (pinnavaunu uuni)	Leipurin Oy, vaunutäyttöinen C-150	SÄ 50kW, 600V, 3N
		<b>Patapesu (0141)</b>		
51	1	Esipesusuihku	seinämällä	
52	1	Raapesukone	Metos WD 100 GR 8x GN1/1-65	SÄ 21 kW, 400V, 3NPE 35A
55	1	Esipesukone	Nykyinen, siirretään Piholasta	SÄ 0,9kW, 400V, 3N~, PK
56	1	Astianpesukone	kupukone varusteineen, DUO Plus	SÄ 9,9kW, 400V, 3N~, PK
57	1	Kuivausrata rst	Nykyinen	
		<b>Tarjolla (0155)</b>		
135	1	Automaattikeitin	Nykyinen	SÄ 9,5kW, 400V, 3N~
61	1	Lämpökaappi	Dieta Läpionkaappi GT-11910-02	SÄ 1.8kW, 1N, 230V, P
62	1	Jääkaappi	Vaunutäyttöinen Jääkaappi 750L Electrolux	SÄ 0.46kW, 1N, 230V, P
63	1	Termareidenpesukone	Nykyinen, Deko 260	SÄ 6kW, 400V, 3N~
		<b>Äidinmaitokeskus (0103-0104)</b>		
70	1	Astianpesukone	Liitännät tarkistettava	SÄ 5kW, 400V, 3N~, PK
71	1	Pastörintilaite	Liitännät tarkistettava	Liitännät tarkistettava
72	1	Kuumakaappi	Liitännät tarkistettava	Liitännät tarkistettava
73	1	Astianpesukone	Liitännät tarkistettava	SÄ 5kW, 400V, 3N~, PK
74	1	Jääkaappi	Electrolux Jääkaappi eostore premium 670L	SÄ 0.29kW, 1N, 230V, P
75	2	Pakastekaappi	Electrolux Pakastekaappi Ecostore Premium 670L	SÄ 0.61kW, 1N, 230V, P
76	1	Liesi	pöytämallia	SÄ 5kW, 400V, 3NPE
		<b>Ruokasali (0173)</b>		
131	2	Maidonjakelin	2- puoleinen, 10+10 l	SÄ 0.1kW, 1N, 230V, P
132.1	1	Tarjoilupata	upotettuna, 10 l	SÄ 0.4kW, 1N, 230V, P
132.2	1	Lautasjakelijavaunu, lämmin	130 lautasta	SÄ 0.7kW, 1N, 230V, P
132.3	2	Lämpöhaude, lämpösäteilijällä	upotettuna, 3x GN1/1	SÄ 3,5, 16A, 1kW, 1N, 230V, P
60	1	Automaattikeitin	Metos Melitta Alpha Cup Breakfast	SÄ 9.5kW, 400V, 3NPE 16A
136	2	Myyntikaluste	Kylmille take away kalusteille	SÄ 1kW, 1N, 230V, P
		<b>Keskitetty jakelu (0033)</b>		
01	1	Jäähdytetty kylmäjakeluhina	Metos 7000mm	SÄ 21 kW, 32A, 3N, 400V ohjauksyksiköllä
08	2	Keskitetyn jakelun kylmäasema, matala		SÄ Jakeluhihnasta
010	1	Kylmäasema korkea, ilmaverhopuh.	n.780x1185x1940 mm	SÄ Jakeluhihnasta
		<b>Keskitetty vaunujärjestelmä (0037)</b>		
020	58	Kuumakymävaunu	min 20 tarjotinta	
021	12	Telakointiasema		SÄ 8,5kW, 16A, 400V, 3N, 50Hz, P
022	6	Kuumakymävaunu	Nykyinen, Dieta	
023	2	Telakointiasema	Nykyinen, Dieta	SÄ n.8kW, 16A, 400V, 3N, 50Hz, P
024	20	Valitystuotevaunu		
		<b>Honkalampi-keskus:</b>		
030	20	Eristetty GN- johdevaunu kuljetukseen		
040	1	Astioiden syöttö- ja purkupää		SÄ 1kW, 400V, 3N, 10A
		<b>Esipesusuihku</b>		
		<b>Käsiesuihku</b>		
041	1	Tappimattopesukone	Dieta: Meiko M-4Q B-L54 V8 N02 P8	SÄ 45kW/77A, 400V, 3N
042	1	Tarjotin-aterinpesukone	Dieta: Meiko M-4Q B-M75 HA25	SÄ 58kW/97A, 400V, 3N
043	1	Aterinkuljetin		SÄ syöttö koneesta
044	1	Automaattinen aterinkäyttelijä	Dieta: ABS, 3950x1250x1650xmm	SÄ 3x 400V+N+PE, 16A, 3kW
045	1	Vaununpesukone	Metos vaununpesukone WD18CW	SÄ 52.5kW, 400V, 3NPE 80A
046	1	Tarjotinkäyttelijä		
047	1	Tarjotinkuljettimet		SÄ 1.1kW/4A, 400V, 3N

Liikenneasema ABC-Pitkäjärven keittiön ilmanvaihtokoneen automaatiokuva







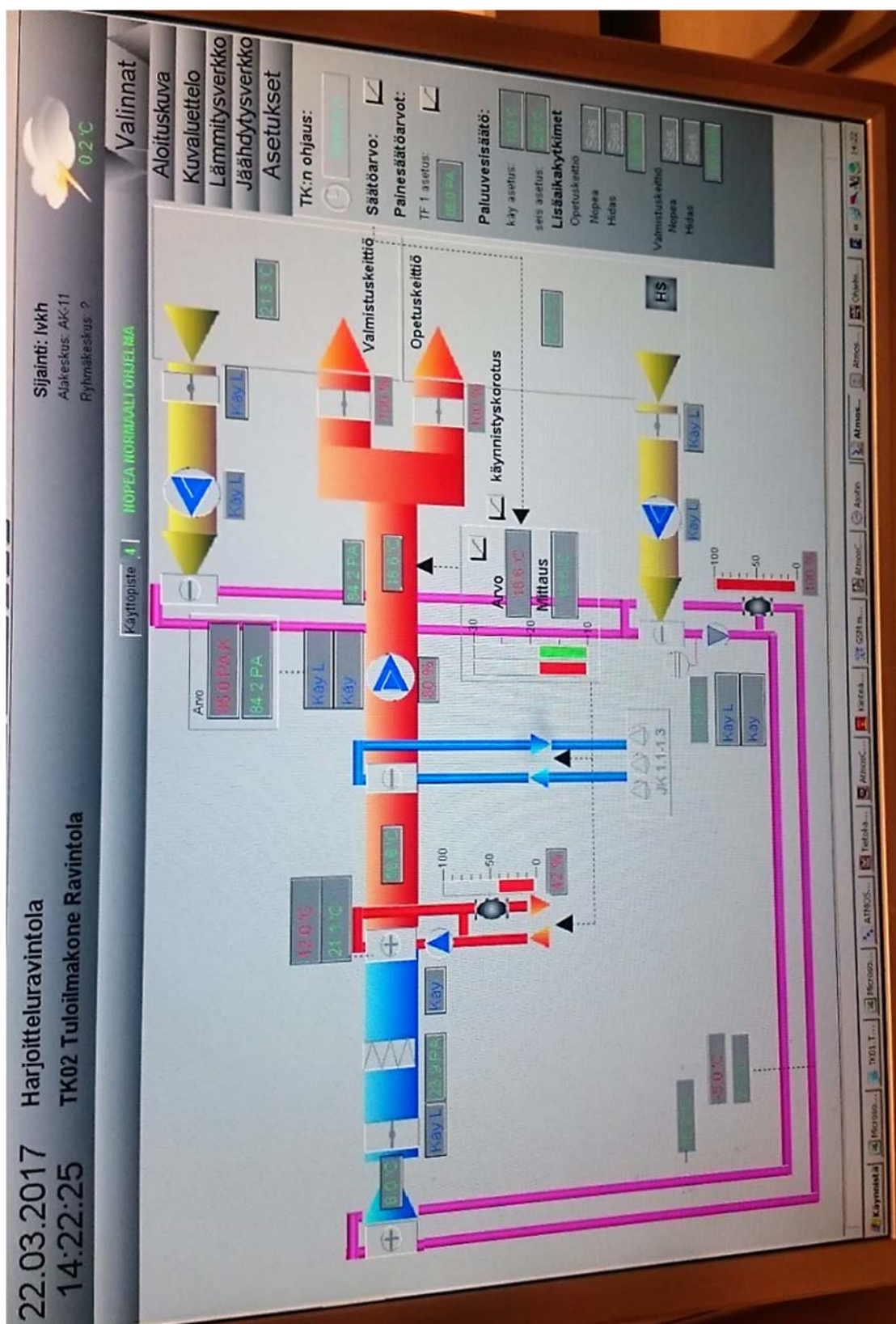
## Liikenneasema ABC-Pitkäjärven kalusteluettelo

## Laiteluettelo

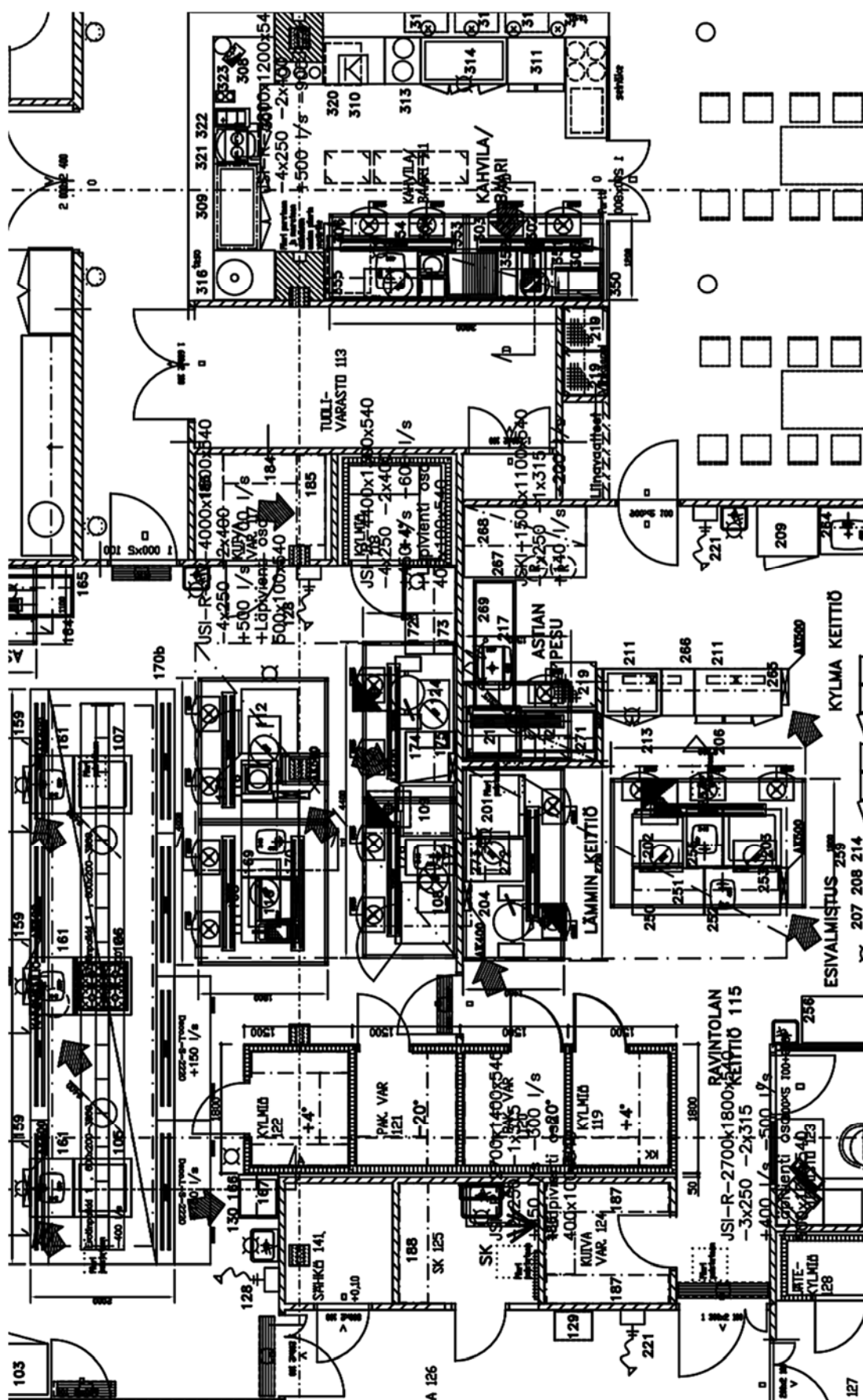
1	4321002	Kylmävetolaatikosto	Proff2NT1200-GN3-MGH-GN3	4
2	4321054	Kylmätyöpöytä	Proff2STH1600-GN3x3-MGH	1
3	4155044	Jäähdytyskaappi	SC500R 230V1~	1
4	4231210	Induktiopöytäliesi Metos	Base-Line 5000D 400V	1
4A	S650162	RST laitejalusta	400x700x750	1
5	4241005	Yhdistelmäuuni Metos	GEV T10P Gastromix	1
5A	4214035	SelfCooking Center 101	MSCC 101 400V3N	1
5	4241005	Yhdistelmäuuni Metos	GEV T10P Gastromix	1
6	4241010	Jalusta johteilla SPT10	SPT10	1
6A	4215884	Jalusta Rational 61/101	RS-14R0-MP (MSCC/MCM)	1
6	4241010	Jalusta johteilla SPT10	SPT10	1
7	4208024	Ruuankuljetusvaunu Metos	Termia 950 H	1
8	4133320	Mikroaaltouuni Metos	DEC18E 230V1~	1
9	4152836	Rosvakeitin Metos	Frystar DS 400V3N~	3
10	4321034	Grillivetolaatikosto	Proff2 GR1600-GN2Lx3-ML	1
11	4226326/E	Parila TOP malli	Metos 7402TFTE	1
12	4391140	Työtaso	OPL 40	1
13	4171783	Sämpyläpaahdin	Prince Castle	1
14	4321052	Kylmätyöpöytä E= lämmintaso	Proff2 STH1200-GN3x2-MGH /E	1
15	4171812	Kosketusparila Metos	GL 4550 400V3N~	1
16	4172928	Lämpösäilytyslaatikosto	Winston HBBON2 230V1~	2
17	4203234	Lämpöhaude Metos	Proff BM-400-TDRR	1
18	4321084	Pizzatyöpöytä	Proff2 PT1600-GN3x3-MGH	1
19		Hampurilaisliuku	Läpianto Vizu EQV1017	1
20		Suolausalas	Hatco GRFHS-26	1
21	4117040	Kosketusparila Metos	Panini 230V1~	1
22	4321022	Kylmätyöpöytä kaapeilla	Proff2NT1200-DSL-MPL-DSR	1
23	4321006	Kylmävetolaatikosto	Proff2NT1600-GN3x3-MGH	1
24	4181196	Lämpösäteilijä	Metos GRAHL-60D 230V 1~	1
32	4197223	Vaahtopesulaite	Penquin foam	2
33	4218445	Esipesusuihku Metos	TM3034 pöytäkiin., vipu	1
34	4246124	Raepesukone Metos	WD-90GR flex ESP 400V3N~	1
35	4246252	Astioidenpal.yks. Metos	EasyClean5 90° V-O rav.	1
36	4218012	Astianpesukone Metos	WD-211C 400V3N~ V-O	1
36.1	4218040	Esihuuhk.kone kaarre V-O	Metos WD PRM90	1
37	4208129	Ketjukuljetinkaarre V-O	Metos WD-C 180°	1
38	4552140	Kuivausrata 1585mm	Metos 460-3, pyörillä	1
39	4554092	Korivaunu Metos	BAT-8	2
40	4312172	Kylmälasikko, kaareva	Halo D-I 2R1200	2
41	4138553	Drop-IN korijakelin 900	D-I BD 900	2
42	4138742	Drop-in kylmäallas 800 E= lasihylly varustettuna	D-I CB 800 Nova /E kaiteella	1
43	4203341	Drop-in vesijakelin	D-I WD-2	1
44	4163212	Kahviautomaatti Metos	OptiBean 3 230V1~	1
45	4136172	Erikoiskahvinkeitin	ALPHA 12M 400V3N~	3
46	4117040	Kosketusparila Metos	Panini 230V1~	1
47	4133282	Mikroaaltouuni Metos	RCS511DS 230V1~	1
48	4321000	Kylmävetolaatikosto E= ilman kansilevyä	Proff2NT800-GN3-MGH /E	1

Liikenneasema ABC-Pitkäjärven kalusteluettelo

48.1	4554152	Jätevaunu Metos	WAT-120	1
49	4138746	Drop-in kylmäallas 1600	D-I CB 1600 Nova	1
50	4138930	Tarjoilupata upotettava	D-I 10 l	1
51	4138944	Drop-in lautasjak. läm.	D-I PDW 2x270	1
52	4322066	Drop-in lämpöhaude 800	D-I BM 800 Nova Plus	2
53	4138553	Drop-IN korijakelin 900	D-I BD 900	1
54	4138739	Drop-in kylmäallas 450	D-I CB 450 Nova /E	1
		E= lasihylly varustettuna kaiteella		
55	4203341	Drop-in vesijakelin	D-I WD-2	1
56	4442017	Maidonjakelin 2-os.	Novocold II 230V1~	1
57	4138648	Drop-in huurretas 450	D-I FrP 450	1
58	4554154	Koritelin, 3 korio	Metos BAS-3	2
67	S651111	RST seinähylykkö	1200x300x1400	1
85	4150416	Tasohylly Metos, rst	1480x300mm, 3-taso	1
87	4204255	Työpöytä	1000x650x900	1
88	4204265	Pesupöytä	3000x650x900	1
89	4204255	Työpöytä	1300x650x900	1
90	4205048	Tasohylly Metos, rst	1880x300mm	4
91	4150455	Tasohylly Metos, rst	1780x300mm	2
92	4204265	Pesupöytä	1400x650x900	1
93	4150462	Tasohylly Metos, rst	1980x300mm	1
94	4159946	Seinähylytaso S8	mikrolle	1
95	4150374	Tasohylly Metos, rst	880x300mm	2
96	4184552	Pesupöytä	900x800x900	1
98	4184535	Työpöytä	1500x650x900	3
99	4150416	Tasohylly Metos, rst	1480x300mm, 3-taso	2
100	S650162	Avauspöytä	500x800x900	1
101	4150462	Tasohylly Metos, rst	1980x300mm	2
102	4204263	Työpöytä	550x800x900	1
103	4204260	Työpöytä	1450x700x900	1
104	4204265	Pesupöytä	1100x650x900	1
105	4551302	Kattilahylly	358	2
106	4554108	Kasettivaunu	PCT-12	3
107	4247000	Jääkaappi	Metos Start S70R TN	1
108	4204260	Työpöytä	400x700x900	1
109	4184550	Pesupöytä	1800x700x900	1
110	4204255	Työpöytä	550x650x900	1



Ravintola Tallin keittiön pohjakuva



## Ravintola Tallin kalusteluettelo

POS	KPL	LAITE TAI KALUSTE	KOKO TYYPPI	SÄHKÖ	Teho
				Jännite	kW
		OPETUSKEITTIÖ:			
101	1	Jäähdytyskaappi, entinen	Elux, ES QF 61F	1N 230V	2
102	1	Jääkaappi	700 litraa	1N 230V	0,6
103	1	Pakastekaappi	entinen Metos	1N 230V	0,5
105	1	Induktioallasiesi jalustalla	n. 800 x 800 x 850 mm	3N 400V	20
106	1	Kaasuliesi jalustalla + kaasupullo	n.800x800x850 mm	1N 230V	0,2
107	1	Sähköliesi uunilla	n. 800 x 800 x 850 mm	3N 400V	21
108	1	Yhdistelmäuuni	"torni", kapasit. 2x n.4-5 kpl GN 1/1-65	3N 400V	2x10
109	1	Paistinpannu	n.700 mm	3N 400V	10
110	1	Paistotaso	n.600x600 mm	3N 400V	8
111	1	Rasvakeitin	entinen	3N 400V	6
112	1	Kiertoilmauuni + jalusta GN- johtein	Leivinuuni	3N 400V	16
113	1	Yleiskone jalustalla	20 litraa/ 10 litraa	3N 400V	0,8
114	1	Vihannesleikkuri	Pöytämalli	1N 230V	0,3
115	1	Kutteri	5 litraa	1N 230V	2
116	1	Induktiowok	n.400x400x200	1N 230V	3
117	2	Yleiskone	kotitalousmalli	3N 400V	0,6
118	1	Leikkelekone	n. 450 x 600x500 mm	1N 230V	0,5
119	1	Mikroaaltouuni	suurtalousmalli	1N 230V	2,5
121	1	Kahvinkeitin	kotitalousmalli	1N 230V	0,4
123	1	Jäätelökone	Pöytämalli	1N 230V	3
124	1	Pata, sekoittava	50 litraa	3N 400V	15
125	1	Esipesusuihku	Seinäkiinnitys		
127	1	Astianpesukone	Kupukone, 650x700x1500	3N 400V	12
128	2	Suihkupuhdistuslaite			
		RAVINTOLAN KEITTIÖ:			
201	1	Yhdistelmäuuni jalustalla	kapasit. n.5 kpl GN1/1-65, 10 kpl GN1/1-40	3N 400V	19
202	1	Paistinpannu	n.700x750x850	3N 400V	10
203	1	Sähköliesi, entinen	n. 930x800x830 mm	3N 400V	16
204	1	Pata, sekoittava	60 litraa	3N 400V	16

## Ulkoilman lämpötilojen esiintymistiheys nykyilmastossa (TRY2012)

Säävyöhyke Sodankylä			
-34	0	-10	0,1839
-33	0,0008	-9	0,2041
-32	0,0018	-8	0,2223
-31	0,0047	-7	0,2447
-30	0,0082	-6	0,2701
-29	0,0126	-5	0,3001
-28	0,0171	-4	0,3287
-27	0,0213	-3	0,357
-26	0,0247	-2	0,3991
-25	0,0307	-1	0,4392
-24	0,0382	0	0,4758
-23	0,0449	1	0,5197
-22	0,0513	2	0,5494
-21	0,0574	3	0,5836
-20	0,0643	4	0,6139
-19	0,0712	5	0,6441
-18	0,0789	6	0,6674
-17	0,0879	7	0,696
-16	0,0979	8	0,725
-15	0,1076	9	0,751
-14	0,1182	10	0,7795
-13	0,1289	11	0,8057
-12	0,1473	12	0,8318
-11	0,1663		

Säävyöhyke Jyväskylä			
-28	0	-7	0,1284
-27	0,0007	-6	0,1498
-26	0,0017	-5	0,1795
-25	0,0024	-4	0,2094
-24	0,004	-3	0,2469
-23	0,0056	-2	0,2897
-22	0,007	-1	0,3314
-21	0,0087	0	0,3691
-20	0,0122	1	0,4227
-19	0,0193	2	0,4635
-18	0,0269	3	0,4951
-17	0,0317	4	0,5292
-16	0,0354	5	0,5575
-15	0,0411	6	0,5957
-14	0,0458	7	0,6297
-13	0,0501	8	0,6596
-12	0,0551	9	0,6889
-11	0,0613	10	0,7166
-10	0,07	11	0,7503
-9	0,0837	12	0,7811
-8	0,1001		

Säävyöhyke Vantaa			
-21	0	-4	0,1385
-20	0,0008	-3	0,1605
-19	0,003	-2	0,1849
-18	0,0056	-1	0,2119
-17	0,008	0	0,2463
-16	0,0114	1	0,3055
-15	0,0177	2	0,3619
-14	0,0272	3	0,4144
-13	0,0344	4	0,4548
-12	0,0426	5	0,4868
-11	0,0485	6	0,5212
-10	0,0541	7	0,553
-9	0,0597	8	0,5872
-8	0,0684	9	0,6192
-7	0,0826	10	0,6517
-6	0,0993	11	0,6848
-5	0,1186	12	0,7183

**LIITE 12.****Ulkolämpötilojen vuotuiset esiintymistiheydet (taulukko 5)**

Ulkolämpötila °C	Esiintymistiheys vuodessa h
-5	169,068
-4	174,324
-3	192,720
-2	213,744
-1	236,520
0	301,344
1	518,592
2	494,064
3	459,900
4	353,904
5	280,320